

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-287639

[ST.10/C]:

[JP2002-287639]

出 願 人

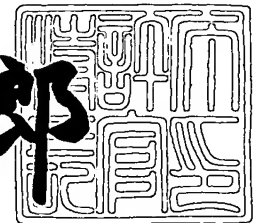
Applicant(s):

富士写真フイルム株式会社

2003年 4月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3028687

【書類名】 特許願

【整理番号】 P27298J

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G02B 26/08

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

 【氏名】 永野 和彦

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

 【氏名】 石川 弘美

【特許出願人】

 【識別番号】 000005201

 【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100073184

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

 【識別番号】 100090468

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 008969

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像形成装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 照射された光を各々制御信号に応じて変調する多数の画素部が 2 次元状に配列されてなる空間光変調素子と、

この空間光変調素子に光を照射する光源と、

前記空間光変調素子で変調された光の光路に配置された第 1 の結像光学系と、

前記空間光変調素子の各画素部にそれぞれ対応するマイクロレンズがアレイ状に配されてなり、前記第 1 の結像光学系による結像面に配置されたマイクロレンズアレイと、

前記マイクロレンズの各々による前記光の収束位置にそれぞれアパーチャが位置するように配置されたアパーチャアレイと、

このアパーチャアレイを通過した光の光路に配置されて、前記変調された光による像を所定の面上に結像する第 2 の結像光学系とを備えてなる画像形成装置において、

前記マイクロレンズアレイと前記アパーチャアレイとが、それらの一方から光軸方向に所定高さ突出した突起を他方に当接させることにより、これら両者の光軸方向相対位置が規定されていることを特徴とする画像形成装置。

【請求項 2】 照射された光を各々制御信号に応じて変調する多数の画素部が 2 次元状に配列されてなる空間光変調素子と、

この空間光変調素子に光を照射する光源と、

前記空間光変調素子で変調された光の光路に配置された第 1 の結像光学系と、

前記空間光変調素子の各画素部にそれぞれ対応するマイクロレンズがアレイ状に配されてなり、前記第 1 の結像光学系による結像面に配置されたマイクロレンズアレイと、

前記マイクロレンズの各々による前記光の収束位置にそれぞれアパーチャが位置するように配置されたアパーチャアレイと、

このアパーチャアレイを通過した光の光路に配置されて、前記変調された光による像を所定の面上に結像する第 2 の結像光学系とを備えてなる画像形成装置に

において、

前記マイクロレンズアレイと前記アパーチャアレイとが、所定厚さのスペーサを間に介して一体化させることにより、これら両者の光軸方向相対位置が規定されていることを特徴とする画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は画像形成装置、特に詳細には、空間光変調素子で変調された光を結像光学系に通して、この光による像を所定の面上に結像させる画像形成装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、上記のように、空間光変調素子で変調された光を結像光学系に通して、この光による像を所定の面上に結像させる画像形成装置が公知となっている。この種の画像形成装置は、変調された光が結ぶ像を感光材料上に投影して画像露光する装置や、変調された光が結ぶ像をスクリーンに投影して画像表示する装置等を構成するために広く適用されている。この種の画像形成装置は、基本的に、照射された光を各々制御信号に応じて変調する多数の画素部が2次元状に配列されてなる空間光変調素子と、この空間光変調素子に光を照射する光源と、前記空間光変調素子により変調された光による像を結像する結像光学系とを備えてなるものである。

【0003】

なお、非特許文献1および本出願人による特願2002-149886号明細書には、上記基本的構成を有して露光装置として形成された画像形成装置の例が示されている。

【0004】

ところで上述のような画像形成装置においては、感光材料やスクリーン上に投影する画像を拡大したいという要求が伴うことも多く、その場合には、結像光学系として拡大結像光学系が用いられる。そのようにする際、空間光変調素子を経

た光をただ拡大結像光学系に通しただけでは、空間光変調素子の各画素部からの光束が拡大して、投影された画像において画素サイズが大きくなり、画像の鮮鋭度が低下してしまう。

【0005】

そこで、上記特願2002-149886号明細書にも示されるように、空間光変調素子で変調された光の光路に第1の結像光学系を配し、この結像光学系による結像面には空間光変調素子の各画素部にそれぞれ対応するマイクロレンズがアレイ状に配されてなるマイクロレンズアレイを配置し、そしてこのマイクロレンズアレイを通過した光の光路には、変調された光による像を感光材料やスクリーン上に結像する第2の結像光学系を配置して、これら第1および第2の結像光学系によって像を拡大投影することが考えられている。この構成においては、感光材料やスクリーン上に投影される画像のサイズは拡大される一方、空間光変調素子の各画素部からの光はマイクロレンズアレイの各マイクロレンズによって集光されるので、投影画像における画素サイズ（スポットサイズ）は絞られて小さく保たれるので、画像の鮮鋭度も高く保つことができる。

【0006】

なお特許文献1には、上記のように空間光変調素子とマイクロレンズアレイとを組み合わせた構成が開示されているが、ここでは画像の拡大については考慮されていない。

【0007】

ここで、上記のように第1および第2の結像光学系とマイクロレンズアレイとを組み合わせた構成においては、消光比を高めるために、マイクロレンズの各々による光の収束位置にそれぞれアパーチャが位置するようにアパーチャアレイを配置することが考えられている。すなわち、このようなアパーチャアレイを設けることにより、空間光変調素子の各画素部からの光の光路に迷光が入り込むことが防止され、消光比が高められる。特許文献2には、このようなマイクロレンズアレイとアパーチャアレイとを組み合わせた構造の一例が示されている。

【0008】

【特許文献1】

特開 2 0 0 1 - 3 0 5 6 6 3 号公報

【0 0 0 9】

【特許文献 2】

特開 2 0 0 1 - 2 1 8 3 0 号公報

【0 0 1 0】

【非特許文献 1】

石川明人”マスクレス露光による開発短縮と量産適用化”、「エレクトロニクス実装技術」、株式会社技術調査会、Vol.18、No.6、2002年、p.74-79

【0 0 1 1】

【発明が解決しようとする課題】

前記特許文献 2 に示された構成においては、マイクロレンズの焦点距離は 5 m m 程度で N A が小さいため、アパーチャレイの光軸方向位置を厳密に規定することに関しては、特に考慮がなされていない。しかし、N A が大きい焦点距離 2 5 0 ~ 3 0 0 μ m 程度のマイクロレンズからなるマイクロレンズアレイを用いる場合には、マイクロレンズの各々による光の収束位置にそれぞれアパーチャが位置するように、アパーチャレイの光軸方向位置を厳密に規定する必要がある。このアパーチャレイ位置の誤差が大きいと、迷光が入り込んで消光比が低下したり、またアパーチャの周囲でケラレる光が増えて光利用効率が悪化するといった問題が生じる。

【0 0 1 2】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、マイクロレンズアレイとアパーチャアレイとを組み合わせた構造を有し、そしてそれらの光軸方向相対位置を厳密に規定可能な画像形成装置を提供することを目的とする。

【0 0 1 3】

【課題を解決するための手段】

本発明による第 1 の画像形成装置は、前述したように、

照射された光を各々制御信号に応じて変調する多数の画素部が 2 次元状に配列されてなる空間光変調素子と、

この空間光変調素子に光を照射する光源と、

前記空間光変調素子で変調された光の光路に配置された第 1 の結像光学系と、
前記空間光変調素子の各画素部にそれぞれ対応するマイクロレンズがアレイ状に配されてなり、前記第 1 の結像光学系による結像面に配置されたマイクロレンズアレイと、

前記マイクロレンズの各々による前記光の収束位置にそれぞれアパーチャが位置するように配置されたアパーチャアレイと、

このアパーチャアレイを通過した光の光路に配置されて、前記変調された光による像を所定の面上に結像する第 2 の結像光学系とを備えてなる画像形成装置において、

マイクロレンズアレイとアパーチャアレイとが、それらの一方から光軸方向に所定高さ突出した突起を他方に当接させることにより、これら両者の光軸方向相対位置が規定されていることを特徴とするものである。

【 0 0 1 4 】

なお、この本発明による第 1 の画像形成装置において、上記突起と、それが当接するマイクロレンズアレイあるいはアパーチャアレイの面は、平面度が $0.2 \mu\text{m}$ 以下程度の高平坦面とされているのが望ましい。

【 0 0 1 5 】

また、本発明による第 2 の画像形成装置は、上記と同様の空間光変調素子と、光源と、第 1 の結像光学系と、マイクロレンズアレイと、アパーチャアレイと、第 2 の結像光学系とを備えてなる画像形成装置において、マイクロレンズアレイとアパーチャアレイとが、所定厚さのスペーサを間に介して一体化させることにより、これら両者の光軸方向相対位置が規定されていることを特徴とするものである。

【 0 0 1 6 】

なお、この本発明による第 2 の画像形成装置において、上記スペーサのマイクロレンズアレイあるいはアパーチャアレイに接する表面と、該表面に接するマイクロレンズアレイあるいはアパーチャアレイの面は、平面度が $0.2 \mu\text{m}$ 以下程度の高平坦面とされているのが望ましい。

【 0 0 1 7 】

【発明の効果】

本発明による第1の画像形成装置においては、マイクロレンズアレイとアパーチャアレイの一方から光軸方向に所定高さ突出した突起を他方に当接させることにより、これら両者の光軸方向相対位置を規定するようにしたので、上記突起の高さを設計通りの適正な値にしておけば、マイクロレンズアレイとアパーチャアレイとの光軸方向相対位置を、マイクロレンズの各々による光の収束位置にそれぞれアパーチャが位置するように厳密に規定可能となる。それにより、迷光による消光比の低下を防止し、また光利用効率も高めることができる。

【0018】

なおこの本発明による第1の画像形成装置において、上記突起の先端面と、それが当接するマイクロレンズアレイあるいはアパーチャアレイの面が、平面度が $0.2\mu\text{m}$ 以下程度の高平坦面とされている場合には、光軸に垂直な面内におけるアパーチャアレイの位置も、各アパーチャの中心が各マイクロレンズの光軸と揃うように厳密に規定することができる。つまり、そのようになっていれば、上記突起を介してマイクロレンズアレイとアパーチャアレイとを突き当て固定する際に、それら両者がガタついて上記面内で動くようなことを防止できるので、光軸に垂直な面内におけるマイクロレンズアレイとアパーチャアレイとの相対位置を厳密に規定可能となる。この点も、消光比および光利用効率の向上に寄与するものとなる。

【0019】

また本発明による第2の画像形成装置においては、マイクロレンズアレイとアパーチャアレイとを、所定厚さのスペーサを間に介して一体化させることにより、これら両者の光軸方向相対位置を規定するようにしたので、上記スペーサの厚さを設計通りの適正な値にしておけば、マイクロレンズアレイとアパーチャアレイとの光軸方向相対位置を、マイクロレンズの各々による光の収束位置にそれぞれアパーチャが位置するように厳密に規定可能となる。それにより、迷光による消光比の低下を防止し、また光利用効率も高めることができる。

【0020】

なおこの本発明による第2の画像形成装置において、上記スペーサのマイクロ

レンズアレイあるいはアパーチャアレイに接する表面と、該表面に接するマイクロレンズアレイあるいはアパーチャアレイの面が、平面度が $0.2\mu\text{m}$ 以下程度の高平坦面とされている場合には、光軸に垂直な面内におけるアパーチャアレイの位置も、各アパーチャの中心が各マイクロレンズの光軸と揃うように厳密に規定することができる。つまり、そのようになっていれば、スペーサを介してマイクロレンズアレイとアパーチャアレイとを突き当て固定する際に、それら両者がガタついて上記面内で動くようなことを防止できるので、光軸に垂直な面内におけるマイクロレンズアレイとアパーチャアレイとの相対位置を厳密に規定可能となる。この点も、消光比および光利用効率の向上に寄与するものとなる。

【 0 0 2 1 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【 0 0 2 2 】

なお以下では、本発明の画像形成装置の一実施の形態として形成された画像露光装置について説明する。

【 0 0 2 3 】

〔露光装置の構成〕

本例の露光装置は、図 1 に示すように、シート状の感光材料 1 5 0 を表面に吸着して保持する平板状のステージ 1 5 2 を備えている。4 本の脚部 1 5 4 に支持された厚い板状の設置台 1 5 6 の上面には、ステージ移動方向に沿って延びた 2 本のガイド 1 5 8 が設置されている。ステージ 1 5 2 は、その長手方向がステージ移動方向を向くように配置されると共に、ガイド 1 5 8 によって往復移動可能に支持されている。なお、この露光装置には、ステージ 1 5 2 をガイド 1 5 8 に沿って駆動するための図示しない駆動装置が設けられている。

【 0 0 2 4 】

設置台 1 5 6 の中央部には、ステージ 1 5 2 の移動経路を跨ぐようにコ字状のゲート 1 6 0 が設けられている。コ字状のゲート 1 6 0 の端部の各々は、設置台 1 5 6 の両側面に固定されている。このゲート 1 6 0 を挟んで一方の側にはスキヤナ 1 6 2 が設けられ、他方の側には感光材料 1 5 0 の先端及び後端を検知する

複数（例えば、2個）の検知センサ164が設けられている。スキャナ162及び検知センサ164はゲート160に各々取り付けられて、ステージ152の移動経路の上方に固定配置されている。なお、スキャナ162及び検知センサ164は、これらを制御する図示しないコントローラに接続されている。

【0025】

スキャナ162は、図2及び図3（B）に示すように、 m 行 n 列（例えば、3行5列）の略マトリックス状に配列された複数（例えば、14個）の露光ヘッド166を備えている。この例では、感光材料150の幅との関係で、3行目には4個の露光ヘッド166を配置した。なお、 m 行目の n 列目に配列された個々の露光ヘッドを示す場合は、露光ヘッド166_{mn}と表記する。

【0026】

露光ヘッド166による露光エリア168は、副走査方向を短辺とする矩形状である。従って、ステージ152の移動に伴い、感光材料150には露光ヘッド166毎に帯状の露光済み領域170が形成される。なお、 m 行目の n 列目に配列された個々の露光ヘッドによる露光エリアを示す場合は、露光エリア168_{mn}と表記する。

【0027】

また、図3（A）及び（B）に示すように、帯状の露光済み領域170が副走査方向と直交する方向に隙間無く並ぶように、ライン状に配列された各行の露光ヘッドの各々は、配列方向に所定間隔（露光エリアの長辺の自然数倍、本例では2倍）ずらして配置されている。このため、1行目の露光エリア168₁₁と露光エリア168₁₂との間の露光できない部分は、2行目の露光エリア168₂₁と3行目の露光エリア168₃₁とにより露光することができる。

【0028】

露光ヘッド166₁₁～166_{mn}各々は、図4、図5に示すように、入射された光ビームを画像データに応じて各画素毎に変調する空間光変調素子として、デジタル・マイクロミラー・デバイス（DMD）50を備えている。このDMD50は、データ処理部とミラー駆動制御部とを備えた図示しないコントローラに接続されている。このコントローラのデータ処理部では、入力された画像データに基

づいて、各露光ヘッド166毎にDMD50の制御すべき領域内の各マイクロミラーを駆動制御する制御信号を生成する。なお、制御すべき領域については後述する。また、ミラー駆動制御部では、画像データ処理部で生成した制御信号に基づいて、各露光ヘッド166毎にDMD50の各マイクロミラーの反射面の角度を制御する。なお、反射面の角度の制御に付いては後述する。

【0029】

DMD50の光入射側には、光ファイバの出射端部（発光点）が露光エリア168の長辺方向と対応する方向に沿って一列に配列されたレーザ出射部を備えたファイバアレイ光源66、ファイバアレイ光源66から出射されたレーザ光を補正してDMD上に集光させるレンズ系67、レンズ系67を透過したレーザ光をDMD50に向けて反射するミラー69がこの順に配置されている。なお図4では、レンズ系67を概略的に示してある。

【0030】

上記レンズ系67は、図5に詳しく示すように、ファイバアレイ光源66から出射したレーザ光を平行光化するコリメーターレンズ71、このコリメーターレンズ71を通過した光の光路に挿入されたマイクロフライアイレンズ72、このマイクロフライアイレンズ72と向かい合う状態に配設された別のマイクロフライアイレンズ73、およびこのマイクロフライアイレンズ73の前方つまりミラー69側に配置されたフィールドレンズ74から構成されている。マイクロフライアイレンズ72および73は、微小レンズセルが縦横に多数配置されてなるものであり、それらの微小レンズセルの各々を通過した光がそれぞれDMD50に互いに重なる状態で入射するので、該DMD50を照射する光の光量分布が均一化される。

【0031】

上記レンズ系67から出射した光はミラー69で反射し、TIRプリズム（全反射）プリズム70を介してDMD50に照射される。なお図4では、このTIRプリズム70は省略してある。

【0032】

また、DMD50の光反射側には、DMD50で反射されたレーザ光を感光材

料150の走査面（被露光面）56上に結像する結像光学系51が配置されている。この結像光学系51は、図4では概略的に示してあるが、図5に詳細を示すように、2枚のレンズ52、54からなる第1結像光学系と、2枚のレンズ57、58からなる第2結像光学系と、これらの結像光学系の間に挿入されたマイクロレンズアレイ55と、アパーチャアレイ59とから構成されている。上記のマイクロレンズアレイ55は、DMD50の各画素に対応する多数のマイクロレンズ55aが配置されてなるものである。またアパーチャアレイ59は、マイクロレンズアレイ55の各マイクロレンズ55aに対応する多数のアパーチャ59aが形成されてなるものである。

【0033】

DMD50は、図6に示すように、SRAMセル（メモリセル）60上に、微小ミラー（マイクロミラー）62が支柱により支持されて配置されたものであり、画素（ピクセル）を構成する多数の（例えば、1024個×756個）の微小ミラーを格子状に配列して構成されたミラーデバイスである。各ピクセルには、最上部に支柱に支えられたマイクロミラー62が設けられており、マイクロミラー62の表面にはアルミニウム等の反射率の高い材料が蒸着されている。なお、マイクロミラー62の反射率は90%以上である。また、マイクロミラー62の直下には、ヒンジ及びヨークを含む支柱を介して通常の半導体メモリの製造ラインで製造されるシリコンゲートのCMOSのSRAMセル60が配置されており、全体はモノリシック（一体型）に構成されている。

【0034】

DMD50のSRAMセル60にデジタル信号が書き込まれると、支柱に支えられたマイクロミラー62が、対角線を中心としてDMD50が配置された基板側に対して $\pm\alpha$ 度（例えば ± 10 度）の範囲で傾けられる。図7（A）は、マイクロミラー62がオン状態である $+\alpha$ 度に傾いた状態を示し、図7（B）は、マイクロミラー62がオフ状態である $-\alpha$ 度に傾いた状態を示す。従って、画像信号に応じて、DMD50の各ピクセルにおけるマイクロミラー62の傾きを、図6に示すように制御することによって、DMD50に入射された光はそれぞれのマイクロミラー62の傾き方向へ反射される。

【 0 0 3 5 】

なお、図 6 には、DMD 5 0 の一部を拡大し、マイクロミラー 6 2 が $+\alpha$ 度又は $-\alpha$ 度に制御されている状態の一例を示す。それぞれのマイクロミラー 6 2 のオンオフ制御は、DMD 5 0 に接続された図示しないコントローラによって行われる。なお、オフ状態のマイクロミラー 6 2 により光ビームが反射される方向には、光吸収体（図示せず）が配置されている。

【 0 0 3 6 】

また、DMD 5 0 は、その短辺が副走査方向と所定角度 θ （例えば、 $1^\circ \sim 5^\circ$ ）を成すように僅かに傾斜させて配置するのが好ましい。図 8（A）は DMD 5 0 を傾斜させない場合の各マイクロミラーによる反射光像（露光ビーム）5 3 の走査軌跡を示し、図 8（B）は DMD 5 0 を傾斜させた場合の露光ビーム 5 3 の走査軌跡を示している。

【 0 0 3 7 】

DMD 5 0 には、長手方向にマイクロミラーが多数個（例えば 1 0 2 4 個）配列されたマイクロミラー列が、短手方向に多数組（例えば 7 5 6 組）配列されているが、図 8（B）に示すように、DMD 5 0 を傾斜させることにより、各マイクロミラーによる露光ビーム 5 3 の走査軌跡（走査線）のピッチ P_1 が、DMD 5 0 を傾斜させない場合の走査線のピッチ P_2 より狭くなり、解像度を大幅に向上させることができる。一方、DMD 5 0 の傾斜角は微小であるので、DMD 5 0 を傾斜させた場合の走査幅 W_2 と、DMD 5 0 を傾斜させない場合の走査幅 W_1 とは略同一である。

【 0 0 3 8 】

また、異なるマイクロミラー列により同じ走査線上が重ねて露光（多重露光）されることになる。このように、多重露光されることで、露光位置の微少量をコントロールすることができ、高精細な露光を実現することができる。また、主走査方向に配列された複数の露光ヘッドの間のつなぎ目を微少量の露光位置制御により段差無くつなぐことができる。

【 0 0 3 9 】

なお、DMD 5 0 を傾斜させる代わりに、各マイクロミラー列を副走査方向と

直交する方向に所定間隔ずらして千鳥状に配置しても、同様の効果を得ることができる。

【 0 0 4 0 】

ファイバアレイ光源 6 6 は、図 9 (A) に示すように、複数（例えば、6 個）のレーザモジュール 6 4 を備えており、各レーザモジュール 6 4 には、マルチモード光ファイバ 3 0 の一端が結合されている。マルチモード光ファイバ 3 0 の他端には、コア径がマルチモード光ファイバ 3 0 と同一で且つクラッド径がマルチモード光ファイバ 3 0 より小さい光ファイバ 3 1 が結合され、図 9 (C) に示すように、光ファイバ 3 1 の出射端部（発光点）が副走査方向と直交する主走査方向に沿って 1 列に配列されてレーザ出射部 6 8 が構成されている。なお、図 9 (D) に示すように、発光点を主走査方向に沿って 2 列に配列することもできる。

【 0 0 4 1 】

光ファイバ 3 1 の出射端部は、図 9 (B) に示すように、表面が平坦な 2 枚の支持板 6 5 に挟み込まれて固定されている。また、光ファイバ 3 1 の光出射側には、光ファイバ 3 1 の端面を保護するために、ガラス等の透明な保護板 6 3 が配置されている。保護板 6 3 は、光ファイバ 3 1 の端面と密着させて配置してもよく、光ファイバ 3 1 の端面が密封されるように配置してもよい。光ファイバ 3 1 の出射端部は、光密度が高く集塵し易く劣化し易いが、保護板 6 3 を配置することにより端面への塵埃の付着を防止することができると共に劣化を遅らせることができる。

【 0 0 4 2 】

この例では、クラッド径が小さい光ファイバ 3 1 の出射端を隙間無く 1 列に配列するために、クラッド径が大きい部分で隣接する 2 本のマルチモード光ファイバ 3 0 の間にマルチモード光ファイバ 3 0 を積み重ね、積み重ねられたマルチモード光ファイバ 3 0 に結合された光ファイバ 3 1 の出射端が、クラッド径が大きい部分で隣接する 2 本のマルチモード光ファイバ 3 0 に結合された光ファイバ 3 1 の 2 つの出射端の間に挟まれるように配列されている。

【 0 0 4 3 】

この光ファイバは、図 1 0 に示すように、クラッド径が大きいマルチモード光

ファイバ 3 0 のレーザ光出射側の先端部分に小径部分 3 0 c が形成され、この小径部分 3 0 c に、長さ 1 ~ 3 0 c m のクラッド径が小さい光ファイバ 3 1 が同軸的に結合することにより得ることができる。2 本の光ファイバは、光ファイバ 3 1 の入射端面が、マルチモード光ファイバ 3 0 の出射端面に、両光ファイバの中心軸が一致するように融着されて結合されている。上述した通り、光ファイバ 3 1 のコア 3 1 a の径は、マルチモード光ファイバ 3 0 のコア 3 0 a の径と同じ大きさである。

【 0 0 4 4 】

また、長さが短くクラッド径が大きい光ファイバにクラッド径が小さい光ファイバを融着させた短尺光ファイバを、フェルールや光コネクタ等を介してマルチモード光ファイバ 3 0 の出射端に結合してもよい。コネクタ等を用いて着脱可能に結合することで、クラッド径が小さい光ファイバが破損した場合等に先端部分の交換が容易になり、露光ヘッドのメンテナンスに要するコストを低減できる。なお、以下では、光ファイバ 3 1 を、マルチモード光ファイバ 3 0 の出射端部と称する場合がある。

【 0 0 4 5 】

マルチモード光ファイバ 3 0 及び光ファイバ 3 1 としては、ステップインデックス型光ファイバ、グレーテッドインデックス型光ファイバ、及び複合型光ファイバの何れでもよい。例えば、三菱電線工業株式会社製のステップインデックス型光ファイバを用いることができる。本例では、マルチモード光ファイバ 3 0 及び光ファイバ 3 1 は、ステップインデックス型光ファイバであり、マルチモード光ファイバ 3 0 は、クラッド径 = 1 2 5 μ m、コア径 = 5 0 μ m、NA = 0. 2、入射端面コートの透過率 = 9 9. 5 % 以上であり、光ファイバ 3 1 は、クラッド径 = 6 0 μ m、コア径 = 5 0 μ m、NA = 0. 2 である。

【 0 0 4 6 】

一般に、赤外領域のレーザ光では、光ファイバのクラッド径を小さくすると伝搬損失が増加する。このため、レーザ光の波長帯域に応じて好適なクラッド径が決定されている。しかしながら、波長が短いほど伝搬損失は少なくなり、Ga N 系半導体レーザから出射された波長 4 0 5 n m のレーザ光では、クラッドの厚み

{ (クラッド径-コア径) / 2 } を 8 0 0 n m の波長帯域の赤外光を伝搬させる場合の 1 / 2 程度、通信用の 1 . 5 μ m の波長帯域の赤外光を伝搬させる場合の約 1 / 4 にしても、伝搬損失は殆ど増加しない。従って、クラッド径を 6 0 μ m と小さくすることができる。

【 0 0 4 7 】

但し、光ファイバ 3 1 のクラッド径は 6 0 μ m には限定されない。従来のファイバ光源に使用されている光ファイバのクラッド径は 1 2 5 μ m であるが、クラッド径が小さくなるほど焦点深度がより深くなるので、マルチモード光ファイバのクラッド径は 8 0 μ m 以下が好ましく、6 0 μ m 以下がより好ましく、4 0 μ m 以下が更に好ましい。一方、コア径は少なくとも 3 ~ 4 μ m 必要であることから、光ファイバ 3 1 のクラッド径は 1 0 μ m 以上が好ましい。

【 0 0 4 8 】

レーザモジュール 6 4 は、図 1 1 に示す合波レーザ光源（ファイバ光源）によって構成されている。この合波レーザ光源は、ヒートブロック 1 0 上に配列固定された複数（例えば、7 個）のチップ状の横マルチモード又はシングルモードの G a N 系半導体レーザ L D 1 , L D 2 , L D 3 , L D 4 , L D 5 , L D 6 , 及び L D 7 と、G a N 系半導体レーザ L D 1 ~ L D 7 の各々に対応して設けられたコリメータレンズ 1 1 , 1 2 , 1 3 , 1 4 , 1 5 , 1 6 , 及び 1 7 と、1 つの集光レンズ 2 0 と、1 本のマルチモード光ファイバ 3 0 と、から構成されている。なお、半導体レーザの個数は 7 個には限定されない。例えば、クラッド径 = 6 0 μ m、コア径 = 5 0 μ m、N A = 0 . 2 のマルチモード光ファイバには、2 0 個もの半導体レーザ光を入射することが可能であり、露光ヘッドの必要光量を実現して、且つ光ファイバ本数をより減らすことができる。

【 0 0 4 9 】

G a N 系半導体レーザ L D 1 ~ L D 7 は、発振波長が総て共通（例えば、4 0 5 n m）であり、最大出力も総て共通（例えば、マルチモードレーザでは 1 0 0 m W、シングルモードレーザでは 3 0 m W）である。なお、G a N 系半導体レーザ L D 1 ~ L D 7 としては、3 5 0 n m ~ 4 5 0 n m の波長範囲で、上記の 4 0 5 n m 以外の発振波長を備えるレーザを用いてもよい。

【 0 0 5 0 】

上記の合波レーザ光源は、図 1 2 及び図 1 3 に示すように、他の光学要素と共に、上方が開口した箱状のパッケージ 4 0 内に収納されている。パッケージ 4 0 は、その開口を閉じるように作成されたパッケージ蓋 4 1 を備えており、脱気処理後に封止ガスを導入し、パッケージ 4 0 の開口をパッケージ蓋 4 1 で閉じることにより、パッケージ 4 0 とパッケージ蓋 4 1 とにより形成される閉空間（封止空間）内に上記合波レーザ光源が気密封止されている。

【 0 0 5 1 】

パッケージ 4 0 の底面にはベース板 4 2 が固定されており、このベース板 4 2 の上面には、前記ヒートブロック 1 0 と、集光レンズ 2 0 を保持する集光レンズホルダー 4 5 と、マルチモード光ファイバ 3 0 の入射端部を保持するファイバホルダー 4 6 とが取り付けられている。マルチモード光ファイバ 3 0 の出射端部は、パッケージ 4 0 の壁面に形成された開口からパッケージ外に引き出されている。

【 0 0 5 2 】

また、ヒートブロック 1 0 の側面にはコリメータレンズホルダー 4 4 が取り付けられており、コリメータレンズ 1 1 ～ 1 7 が保持されている。パッケージ 4 0 の横壁面には開口が形成され、この開口を通して G a N 系半導体レーザ L D 1 ～ L D 7 に駆動電流を供給する配線 4 7 がパッケージ外に引き出されている。

【 0 0 5 3 】

なお、図 1 3 においては、図の煩雑化を避けるために、複数の G a N 系半導体レーザのうち G a N 系半導体レーザ L D 7 にのみ番号を付し、複数のコリメータレンズのうちコリメータレンズ 1 7 にのみ番号を付している。

【 0 0 5 4 】

図 1 4 は、上記コリメータレンズ 1 1 ～ 1 7 の取り付け部分の正面形状を示すものである。コリメータレンズ 1 1 ～ 1 7 の各々は、非球面を備えた円形レンズの光軸を含む領域を平行な平面で細長く切り取った形状に形成されている。この細長形状のコリメータレンズは、例えば、樹脂又は光学ガラスをモールド成形することによって形成することができる。コリメータレンズ 1 1 ～ 1 7 は、長さ方

向がGaN系半導体レーザLD1～LD7の発光点の配列方向（図14の左右方向）と直交するように、上記発光点の配列方向に密接配置されている。

【0055】

一方、GaN系半導体レーザLD1～LD7としては、発光幅が $2\mu\text{m}$ の活性層を備え、活性層と平行な方向、直角な方向の拡がり角が各々例えば 10° 、 30° の状態で作るレーザビームB1～B7を発するレーザが用いられている。これらGaN系半導体レーザLD1～LD7は、活性層と平行な方向に発光点が1列に並ぶように配設されている。

【0056】

従って、各発光点から発せられたレーザビームB1～B7は、上述のように細長形状の各コリメータレンズ11～17に対して、拡がり角度が大きい方向が長さ方向と一致し、拡がり角度が小さい方向が幅方向（長さ方向と直交する方向）と一致する状態で入射することになる。つまり、各コリメータレンズ11～17の幅が 1.1mm 、長さが 4.6mm であり、それらに入射するレーザビームB1～B7の水平方向、垂直方向のビーム径は各々 0.9mm 、 2.6mm である。また、コリメータレンズ11～17の各々は、焦点距離 $f_1 = 3\text{mm}$ 、 $NA = 0.6$ 、レンズ配置ピッチ $= 1.25\text{mm}$ である。

【0057】

集光レンズ20は、非球面を備えた円形レンズの光軸を含む領域を平行な平面で細長く切り取って、コリメータレンズ11～17の配列方向、つまり水平方向に長く、それと直角な方向に短い形状に形成されている。この集光レンズ20は、焦点距離 $f_2 = 23\text{mm}$ 、 $NA = 0.2$ である。この集光レンズ20も、例えば、樹脂又は光学ガラスをモールド成形することにより形成される。

【0058】

〔露光装置の動作〕

次に、上記露光装置の動作について説明する。

【0059】

スキャナ162の各露光ヘッド166において、ファイバレイ光源66の合波レーザ光源を構成するGaN系半導体レーザLD1～LD7の各々から発散光

状態で出射したレーザビームB 1, B 2, B 3, B 4, B 5, B 6, 及びB 7の各々は、対応するコリメータレンズ1 1～1 7によって平行光化される。平行光化されたレーザビームB 1～B 7は、集光レンズ2 0によって集光され、マルチモード光ファイバ3 0のコア3 0 aの入射端面に収束する。

【0 0 6 0】

本例では、コリメータレンズ1 1～1 7及び集光レンズ2 0によって集光光学系が構成され、その集光光学系とマルチモード光ファイバ3 0とによって合波光学系が構成されている。即ち、集光レンズ2 0によって上述のように集光されたレーザビームB 1～B 7が、このマルチモード光ファイバ3 0のコア3 0 aに入射して光ファイバ内を伝搬し、1本のレーザビームBに合波されてマルチモード光ファイバ3 0の出射端部に結合された光ファイバ3 1から出射する。

【0 0 6 1】

各レーザモジュールにおいて、レーザビームB 1～B 7のマルチモード光ファイバ3 0への結合効率が0. 8 5で、Ga N系半導体レーザLD 1～LD 7の各出力が3 0 mWの場合には、アレイ状に配列された光ファイバ3 1の各々について、出力1 8 0 mW ($= 3 0 \text{ mW} \times 0. 8 5 \times 7$)の合波レーザビームBを得ることができる。従って、6本の光ファイバ3 1がアレイ状に配列されたレーザ出射部6 8での出力は約1 W ($= 1 8 0 \text{ mW} \times 6$)である。

【0 0 6 2】

ファイバアレイ光源6 6のレーザ出射部6 8には、この通り高輝度の発光点が主走査方向に沿って一列に配列されている。単一の半導体レーザからのレーザ光を1本の光ファイバに結合させる従来のファイバ光源は低出力であるため、多数列配列しなければ所望の出力を得ることができなかったが、本例で使用する合波レーザ光源は高出力であるため、少数列、例えば1列でも所望の出力を得ることができる。

【0 0 6 3】

例えば、半導体レーザと光ファイバを1対1で結合させた従来のファイバ光源では、通常、半導体レーザとしては出力3 0 mW (ミリワット)程度のレーザが使用され、光ファイバとしてはコア径5 0 μm 、クラッド径1 2 5 μm 、NA (

開口数) 0.2 のマルチモード光ファイバが使用されているので、約 1 W (ワット) の出力を得ようとするれば、マルチモード光ファイバを 48 本 (8×6) 束ねなければならず、発光領域の面積は 0.62 mm^2 ($0.675 \text{ mm} \times 0.925 \text{ mm}$) であるから、レーザ出射部 68 での輝度は $1.6 \times 10^6 \text{ (W/m}^2\text{)}$ 、光ファイバ 1 本当たりの輝度は $3.2 \times 10^6 \text{ (W/m}^2\text{)}$ である。

【0064】

これに対して本例では、上述した通り、マルチモード光ファイバ 6 本で約 1 W の出力を得ることができ、レーザ出射部 68 での発光領域の面積は 0.0081 mm^2 ($0.325 \text{ mm} \times 0.025 \text{ mm}$) であるから、レーザ出射部 68 での輝度は $123 \times 10^6 \text{ (W/m}^2\text{)}$ となり、従来に比べ約 80 倍の高輝度化を図ることができる。また、光ファイバ 1 本当たりの輝度は $90 \times 10^6 \text{ (W/m}^2\text{)}$ であり、従来に比べ約 28 倍の高輝度化を図ることができる。

【0065】

ここで、図 15 (A) 及び (B) を参照して、従来の露光ヘッドと本例の露光ヘッドとの焦点深度の違いについて説明する。従来の露光ヘッドのバンドル状ファイバ光源の発光領域の副走査方向の径は 0.675 mm であり、本例の露光ヘッドのファイバアレイ光源の発光領域の副走査方向の径は 0.025 mm である。図 15 (A) に示すように、従来の露光ヘッドでは、光源 (バンドル状ファイバ光源) 1 の発光領域が大きいので、DMD 3 へ入射する光束の角度が大きくなり、結果として走査面 5 へ入射する光束の角度が大きくなる。このため、集光方向 (ピント方向のずれ) に対してビーム径が太りやすい。

【0066】

一方、図 15 (B) に示すように、本例の露光ヘッドでは、ファイバアレイ光源 66 の発光領域の副走査方向の径が小さいので、レンズ系 67 を通過して DMD 50 へ入射する光束の角度が小さくなり、結果として走査面 56 へ入射する光束の角度が小さくなる。即ち、焦点深度が深くなる。この例では、発光領域の副走査方向の径は従来の約 30 倍になっており、略回折限界に相当する焦点深度を得ることができる。従って、微小スポットの露光に好適である。この焦点深度への効果は、露光ヘッドの必要光量が大きいほど顕著であり、有効である。この例

では、露光面に投影された1画素サイズは $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ である。なお、DMDは反射型の空間光変調素子であるが、図15(A)及び(B)は、光学的な関係を説明するために展開図とした。

【0067】

露光パターンに応じた画像データが、DMD50に接続された図示しないコントローラに入力され、コントローラ内のフレームメモリに一旦記憶される。この画像データは、画像を構成する各画素の濃度を2値（ドットの記録の有無）で表したデータである。

【0068】

感光材料150を表面に吸着したステージ152は、図示しない駆動装置により、ガイド158に沿ってゲート160の上流側から下流側に一定速度で移動される。ステージ152がゲート160下を通過する際に、ゲート160に取り付けられた検知センサ164により感光材料150の先端が検出されると、フレームメモリに記憶された画像データが複数ライン分ずつ順次読み出され、データ処理部で読み出された画像データに基づいて各露光ヘッド166毎に制御信号が生成される。そして、ミラー駆動制御部により、生成された制御信号に基づいて各露光ヘッド166毎にDMD50のマイクロミラーの各々がオンオフ制御される。

【0069】

ファイバアレイ光源66からDMD50にレーザ光が照射されると、DMD50のマイクロミラーがオン状態のときに反射されたレーザ光は、レンズ系54、58により感光材料150の被露光面56上に結像される。このようにして、ファイバアレイ光源66から出射されたレーザ光が画素毎にオンオフされて、感光材料150がDMD50の使用画素数と略同数の画素単位（露光エリア168）で露光される。また、感光材料150がステージ152と共に一定速度で移動されることにより、感光材料150がスキャナ162によりステージ移動方向と反対の方向に副走査され、各露光ヘッド166毎に帯状の露光済み領域170が形成される。

【0070】

本実施の形態では、図 5 に示したような結像光学系 5 1 と、マイクロレンズアレイ 5 5 と、アパーチャアレイ 5 9 とを用いていることにより、以下の効果も得られる。

【 0 0 7 1 】

すなわちこの構成においては、DMD 5 0 によりオン方向に反射した光による像が、レンズ 5 2, 5 4 からなる第 1 結像光学系により例えば 3 倍に拡大される。この第 1 結像光学系を通過した光は、該第 1 結像光学系による結像位置に配されたマイクロレンズアレイ 5 5 の各マイクロレンズ 5 5 a により DMD 5 0 の各画素に対応して集光され、アパーチャアレイ 5 9 の対応するアパーチャ 5 9 a を通過する。アパーチャ 5 9 を通過した光による像は、レンズ 5 7, 5 8 からなる第 2 結像光学系によりさらに 1. 6 7 倍に拡大された上で、被露光面 5 6 上に結像、投影される。つまり本実施の形態では、DMD 5 0 でオン方向に反射した光による像が、最終的に 5 倍 ($= 3 \times 1. 6 7$) に拡大して被露光面 5 6 上に結像、投影される。

【 0 0 7 2 】

この結像光学系では、DMD 5 0 で反射した光による像が 5 倍に拡大されて被露光面 5 6 に投影されるので、全体の画像領域が広がる。このとき、マイクロレンズアレイ 5 5 およびアパーチャアレイ 5 9 が配置されていなければ、図 2 5 (A) に示すように、被露光面 5 6 に投影される各ビームスポット B S の 1 画素サイズ (スポットサイズ) が露光エリア 4 6 8 のサイズに応じて大きなものとなり、露光エリア 4 6 8 の M T F (Modulation Transfer Function) 特性、つまりは露光画像の鮮鋭度が低下する。

【 0 0 7 3 】

これに対して、マイクロレンズアレイ 5 5 およびアパーチャアレイ 5 9 を配置した本実施の形態では、DMD 5 0 で反射した光は、マイクロレンズアレイ 5 5 の各マイクロレンズ 5 5 a により DMD 5 0 の各画素に対応して集光される。これにより、図 2 5 (B) に示すように、露光エリアが拡大された場合でも、各ビームスポット B S のスポットサイズを所望の大きさ (例えば、 $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$) に縮小することができ、M T F 特性の低下を防止して高精細な露光を行うこ

とができる。なお、露光エリア 4 6 8 が傾いているのは、画素間の隙間を無くす為に DMD 5 0 を傾けて配置しているからである。

【 0 0 7 4 】

また、マイクロレンズ 5 5 a の収差によるビームの太りがあっても、アパーチャ 5 9 a によって被露光面 5 6 上でのスポットサイズが一定の大きさになるようにビームを整形することができると共に、各画素に対応して設けられたアパーチャ 5 9 a を通過させることにより、隣接する画素間でのクロストークを防止することができる。

【 0 0 7 5 】

次に、マイクロレンズアレイ 5 5 およびアパーチャアレイ 5 9 について、図 2 6 を参照してさらに詳しく説明する。マイクロレンズアレイ 5 5 は、一例として石英ガラスを用いて、多数のマイクロレンズ 5 5 a が所定パターンのマトリクス状に並設されたものとして形成されている。

【 0 0 7 6 】

一方アパーチャアレイ 5 9 は、同様に石英ガラスからなる基板部 5 9 b に、所定パターンで並設された開口部を有するマスク 5 9 c を例えばクロム蒸着により形成し、その所定パターンの開口部がアパーチャ 5 9 a とされたものである。このアパーチャ 5 9 a の並設パターンは、上記マイクロレンズ 5 5 a の並設パターンと同じである。

【 0 0 7 7 】

またアパーチャアレイ 5 9 の基板部 5 9 b の周辺には、マイクロレンズアレイ 5 5 側に向かって（つまりレンズ光軸方向に）所定高さ H だけ突出した突起 5 9 d が形成されている。そしてアパーチャアレイ 5 9 は、この突起 5 9 d がマイクロレンズアレイ 5 5 の一表面に当接する形にして該マイクロレンズアレイ 5 5 と合わせられ、これら両者は例えば接着により一体化されている。

【 0 0 7 8 】

以上の構成においては、突起 5 9 d の高さ H を設計通りの適正な値にしておくことにより、マイクロレンズアレイ 5 5 とアパーチャアレイ 5 9 との光軸方向相対位置を、マイクロレンズ 5 5 a の各々による光の収束位置にそれぞれアパーチャ

ャ 5 9 a が位置するように厳密に規定可能となっている。それにより、迷光による消光比の低下を防止し、また光利用効率も高めることができる。

【 0 0 7 9 】

なお上記突起 5 9 d の先端面と、それが当接するマイクロレンズアレイ 5 5 の表面は、平面度が $0.2 \mu\text{m}$ 以下程度の高平坦面とされることが望ましい。そのようにしておけば、上記突起 5 9 d を介してマイクロレンズアレイ 5 5 とアパーチャアレイ 5 9 とを突き当て固定する際に、それら両者がガタついて上記面内で動くようなことを防止できるので、光軸に垂直な面内におけるマイクロレンズアレイ 5 5 とアパーチャアレイ 5 9 との相対位置を厳密に規定可能となる。この点からも、消光比および光利用効率の向上が実現される。

【 0 0 8 0 】

また本実施の形態では、マイクロレンズアレイ 5 5 とアパーチャアレイ 5 9 とが同一の材料から、つまり当然線膨張係数も一致している材料から形成されているので、マイクロレンズアレイ 5 5 およびアパーチャアレイ 5 9 が環境温度変化を受けて伸縮したとき、個々のマイクロレンズ 5 5 a とアパーチャ 5 9 a との間で位置ズレが生じるようなことも防止可能となっている。

【 0 0 8 1 】

以上説明した実施の形態においては、アパーチャアレイ 5 9 に突起 5 9 d を形成しているが、マイクロレンズアレイ 5 5 にアパーチャアレイ 5 9 側に向かって突出した突起を形成して、それによりアパーチャアレイ 5 9 とマイクロレンズアレイ 5 5 との光軸方向相対位置を規定するようにしてもよい。あるいは、そのような突起をアパーチャアレイ 5 9 とマイクロレンズアレイ 5 5 の双方に設けてもよい。

【 0 0 8 2 】

なお本実施の形態では、図 1 6 (A) 及び (B) に示すように、DMD 5 0 には、主走査方向にマイクロミラーが 1 0 2 4 個配列されたマイクロミラー列が副走査方向に 7 5 6 組配列されているが、本例では、コントローラにより一部のマイクロミラー列（例えば、1 0 2 4 個 \times 3 0 0 列）だけが駆動するように制御がなされる。

【 0 0 8 3 】

図 1 6 (A) に示すように、DMD 5 0 の中央部に配置されたマイクロミラー列を使用してもよく、図 1 6 (B) に示すように、DMD 5 0 の端部に配置されたマイクロミラー列を使用してもよい。また、一部のマイクロミラーに欠陥が発生した場合は、欠陥が発生していないマイクロミラー列を使用するなど、状況に応じて使用するマイクロミラー列を適宜変更してもよい。

【 0 0 8 4 】

DMD 5 0 のデータ処理速度には限界があり、使用する画素数に比例して 1 ライン当りの変調速度が決定されるので、一部のマイクロミラー列だけを使用することで 1 ライン当りの変調速度が速くなる。一方、連続的に露光ヘッドを露光面に対して相対移動させる露光方式の場合には、副走査方向の画素を全部使用する必要はない。

【 0 0 8 5 】

例えば、6 0 0 組のマイクロミラー列の内、3 0 0 組だけ使用する場合には、6 0 0 組全部を使用する場合と比較すると 1 ライン当り 2 倍速く変調することができる。また、6 0 0 組のマイクロミラー列の内、2 0 0 組だけ使用する場合には、6 0 0 組全部を使用する場合と比較すると 1 ライン当り 3 倍速く変調することができる。即ち、副走査方向に 5 0 0 m m の領域を 1 7 秒で露光できる。更に、1 0 0 組だけ使用する場合には、1 ライン当り 6 倍速く変調することができる。即ち、副走査方向に 5 0 0 m m の領域を 9 秒で露光できる。

【 0 0 8 6 】

使用するマイクロミラー列の数、即ち、副走査方向に配列されたマイクロミラーの個数は、1 0 以上で且つ 2 0 0 以下が好ましく、1 0 以上で且つ 1 0 0 以下がより好ましい。1 画素に相当するマイクロミラー 1 個当りの面積は $15\mu\text{m} \times 15\mu\text{m}$ であるから、DMD 5 0 の使用領域に換算すると、 $12\text{mm} \times 150\mu\text{m}$ 以上で且つ $12\text{mm} \times 3\text{mm}$ 以下の領域が好ましく、 $12\text{mm} \times 150\mu\text{m}$ 以上で且つ $12\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ 以下の領域がより好ましい。

【 0 0 8 7 】

使用するマイクロミラー列の数が上記範囲にあれば、図 1 7 (A) 及び (B)

に示すように、ファイバレイ光源 6 6 から出射されたレーザ光をレンズ系 6 7 で略平行光化して、DMD 5 0 に照射することができる。DMD 5 0 によりレーザ光を照射する照射領域は、DMD 5 0 の使用領域と一致することが好ましい。照射領域が使用領域よりも広いとレーザ光の利用効率が低下する。

【 0 0 8 8 】

一方、DMD 5 0 上に集光させる光ビームの副走査方向の径を、レンズ系 6 7 により副走査方向に配列されたマイクロミラーの個数に応じて小さくする必要があるが、使用するマイクロミラー列の数が 1 0 未満であると、DMD 5 0 に入射する光束の角度が大きくなり、走査面 5 6 における光ビームの焦点深度が浅くなるので好ましくない。また、使用するマイクロミラー列の数が 2 0 0 以下が変調速度の観点から好ましい。なお、DMD は反射型の空間光変調素子であるが、図 1 7 (A) 及び (B) は、光学的な関係を説明するために展開図とした。

【 0 0 8 9 】

スキャナ 1 6 2 による感光材料 1 5 0 の副走査が終了し、検知センサ 1 6 4 で感光材料 1 5 0 の後端が検出されると、ステージ 1 5 2 は、図示しない駆動装置により、ガイド 1 5 8 に沿ってゲート 1 6 0 の最上流側にある原点に復帰し、再度、ガイド 1 5 8 に沿ってゲート 1 6 0 の上流側から下流側に一定速度で移動される。

【 0 0 9 0 】

以上説明した通り、本例の露光装置は、主走査方向にマイクロミラーが 1 0 2 4 個配列されたマイクロミラー列が、副走査方向に 7 5 6 組配列されてなる DMD を備えているが、コントローラにより一部のマイクロミラー列だけが駆動されるように制御するので、全部のマイクロミラー列を駆動する場合に比べて、1 ライン当りの変調速度が速くなる。これにより高速での露光が可能になる。

【 0 0 9 1 】

また、DMD を照明する光源に、合波レーザ光源の光ファイバの出射端部をアレイ状に配列した高輝度のファイバレイ光源を用いているので、高出力で且つ深い焦点深度を備えた露光装置を実現することができる。更に、各ファイバ光源の出力が大きくなることで、所望の出力を得るために必要なファイバ光源数が少

なくなり、露光装置の低コスト化が図られる。

【 0 0 9 2 】

特に本例では、光ファイバの出射端のクラッド径を入射端のクラッド径よりも小さくしているので、発光部径がより小さくなり、ファイバアレイ光源の高輝度化が図られる。これにより、より深い焦点深度を備えた露光装置を実現することができる。例えば、ビーム径 $1\ \mu\text{m}$ 以下、解像度 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下の超高解像度露光の場合にも、深い焦点深度を得ることができ、高速且つ高精細な露光が可能となる。従って、高解像度が必要とされる薄膜トランジスタ (TFT) の露光工程に好適である。

【 0 0 9 3 】

次に図 2 7 を参照して、本発明の別の実施の形態について説明する。なおこの図 2 7 において、図 2 6 中の要素と同等の要素には同番号を付し、それらについての説明は特に必要のない限り省略する。

【 0 0 9 4 】

この図 2 7 に示す構成において、アパーチャアレイ 5 9' の基板部 5 9 b は単純な平板状に形成されている。それ以外、このアパーチャアレイ 5 9' は、図 2 6 に示したアパーチャアレイ 5 9 と同様に形成されている。そして、このアパーチャアレイ 5 9' とマイクロレンズアレイ 5 5 とは、所定厚さ H' のスペーサ 6 1 を間に介して一体化されている。

【 0 0 9 5 】

以上の構成においては、スペーサ 6 1 の厚さ H' を設計通りの適正な値にしておくことにより、マイクロレンズアレイ 5 5 とアパーチャアレイ 5 9' との光軸方向相対位置を、マイクロレンズ 5 5 a の各々による光の収束位置にそれぞれアパーチャ 5 9 a が位置するように厳密に規定可能となっている。それにより、迷光による消光比の低下を防止し、また光利用効率も高めることができる。

【 0 0 9 6 】

なお上記スペーサ 6 1 の図中左右の表面と、それが接するマイクロレンズアレイ 5 5 およびアパーチャアレイ 5 9' の表面は、平面度が $0.2\ \mu\text{m}$ 以下程度の高平坦面とされることが望ましい。そのようにしておけば、スペーサ 6 1 を介し

てマイクロレンズアレイ 5 5 とアパーチャアレイ 5 9' とを突き当て固定する際に、それら両者がガタついて上記面内で動くようなことを防止できるので、光軸に垂直な面内におけるマイクロレンズアレイ 5 5 とアパーチャアレイ 5 9' との相対位置を厳密に規定可能となる。この点からも、消光比および光利用効率の向上が実現される。

【 0 0 9 7 】

[他の空間光変調素子]

上記の例では、DMDのマイクロミラーを部分的に駆動する例について説明したが、所定方向に対応する方向の長さが前記所定方向と交差する方向の長さより長い基板上に、各々制御信号に応じて反射面の角度が変更可能な多数のマイクロミラーが2次元状に配列された細長いDMDを用いても、反射面の角度を制御するマイクロミラーの個数が少なくなるので、同様に変調速度を速くすることができる。

【 0 0 9 8 】

上記の例では、空間光変調素子としてDMDを備えた露光ヘッドについて説明したが、例えば、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) タイプの空間光変調素子 (SLM; Spatial Light Modulator) や、電気光学効果により透過光を変調する光学素子 (PLZT素子) や液晶光シャッタ (FLC) 等、MEMSタイプ以外の空間光変調素子を用いる場合にも、本発明は適用可能である。

【 0 0 9 9 】

なお、MEMSとは、IC製造プロセスを基盤としたマイクロマシニング技術によるマイクロサイズのセンサ、アクチュエータ、そして制御回路を集積化した微細システムの総称であり、MEMSタイプの空間光変調素子とは、静電気力を利用した電気機械動作により駆動される空間光変調素子を意味している。

【 0 1 0 0 】

[他の露光方式]

図 1 8 に示すように、上記例と同様に、スキャナ 1 6 2 による X 方向への 1 回の走査で感光材料 1 5 0 の全面を露光してもよく、図 1 9 (A) 及び (B) に示すように、スキャナ 1 6 2 により感光材料 1 5 0 を X 方向へ走査した後、スキャ

ナ 1 6 2 を Y 方向に 1 ステップ移動し、X 方向へ走査を行うというように、走査と移動を繰り返して、複数回の走査で感光材料 1 5 0 の全面を露光するようにしてもよい。なお、この例では、スキャナ 1 6 2 は 1 8 個の露光ヘッド 1 6 6 を備えている。

【 0 1 0 1 】

〔他のレーザ装置（光源）〕

上記の例では、合波レーザ光源を複数備えたファイバアレイ光源を用いる例について説明したが、レーザ装置は、合波レーザ光源をアレイ化したファイバアレイ光源には限定されない。例えば、1 個の発光点を有する単一の半導体レーザから入射されたレーザ光を出射する 1 本の光ファイバを備えたファイバ光源をアレイ化したファイバアレイ光源を用いることができる。

【 0 1 0 2 】

また、複数の発光点を備えた光源としては、例えば、図 2 0 に示すように、ヒートブロック 1 0 0 上に、複数（例えば、7 個）のチップ状の半導体レーザ LD 1 ～LD 7 を配列したレーザアレイを用いることができる。また、図 2 1 （A）に示す、複数（例えば、5 個）の発光点 1 1 0 a が所定方向に配列されたチップ状のマルチキャビティレーザ 1 1 0 が知られている。マルチキャビティレーザ 1 1 0 は、チップ状の半導体レーザを配列する場合と比べ、発光点を位置精度良く配列できるので、各発光点から出射されるレーザビームを合波し易い。但し、発光点が多くなるとレーザ製造時にマルチキャビティレーザ 1 1 0 に撓みが発生し易くなるため、発光点 1 1 0 a の個数は 5 個以下とするのが好ましい。

【 0 1 0 3 】

本例の露光ヘッドでは、このマルチキャビティレーザ 1 1 0 や、図 2 1 （B）に示すように、ヒートブロック 1 0 0 上に、複数のマルチキャビティレーザ 1 1 0 が各チップの発光点 1 1 0 a の配列方向と同じ方向に配列されたマルチキャビティレーザアレイを、レーザ装置（光源）として用いることができる。

【 0 1 0 4 】

また、合波レーザ光源は、複数のチップ状の半導体レーザから出射されたレーザ光を合波するものには限定されない。例えば、図 2 2 に示すように、複数（例

例えば、3個)の発光点110aを有するチップ状のマルチキャビティレーザ110を備えた合波レーザ光源を用いることができる。この合波レーザ光源は、マルチキャビティレーザ110と、1本のマルチモード光ファイバ130と、集光レンズ120と、を備えて構成されている。マルチキャビティレーザ110は、例えば、発振波長が405nmのGaN系レーザダイオードで構成することができる。

【0105】

上記の構成では、マルチキャビティレーザ110の複数の発光点110aの各々から出射したレーザビームBの各々は、集光レンズ120によって集光され、マルチモード光ファイバ130のコア130aに入射する。コア130aに入射したレーザ光は、光ファイバ内を伝搬し、1本に合波されて出射する。

【0106】

マルチキャビティレーザ110の複数の発光点110aを、上記マルチモード光ファイバ130のコア径と略等しい幅内に並設すると共に、集光レンズ120として、マルチモード光ファイバ130のコア径と略等しい焦点距離の凸レンズや、マルチキャビティレーザ110からの出射ビームをその活性層に垂直な面内のみでコリメートするロッドレンズを用いることにより、レーザビームBのマルチモード光ファイバ130への結合効率を上げることができる。

【0107】

また、図23に示すように、複数(例えば、3個)の発光点を備えたマルチキャビティレーザ110を用い、ヒートブロック111上に複数(例えば、9個)のマルチキャビティレーザ110が互いに等間隔で配列されたレーザアレイ140を備えた合波レーザ光源を用いることができる。複数のマルチキャビティレーザ110は、各チップの発光点110aの配列方向と同じ方向に配列されて固定されている。

【0108】

この合波レーザ光源は、レーザアレイ140と、各マルチキャビティレーザ110に対応させて配置した複数のレンズアレイ114と、レーザアレイ140と複数のレンズアレイ114との間に配置された1本のロッドレンズ113と、1

本のマルチモード光ファイバ 1 3 0 と、集光レンズ 1 2 0 と、を備えて構成されている。レンズアレイ 1 1 4 は、マルチキャビティレーザ 1 1 0 の発光点に対応した複数のマイクロレンズを備えている。

【 0 1 0 9 】

上記の構成では、複数のマルチキャビティレーザ 1 1 0 の複数の発光点 1 0 a の各々から出射したレーザビーム B の各々は、ロッドレンズ 1 1 3 により所定方向に集光された後、レンズアレイ 1 1 4 の各マイクロレンズにより平行光化される。平行光化されたレーザビーム L は、集光レンズ 1 2 0 によって集光され、マルチモード光ファイバ 1 3 0 のコア 1 3 0 a に入射する。コア 1 3 0 a に入射したレーザ光は、光ファイバ内を伝搬し、1 本に合波されて出射する。

【 0 1 1 0 】

更に他の合波レーザ光源の例を示す。この合波レーザ光源は、図 2 4 (A) 及び (B) に示すように、略矩形状のヒートブロック 1 8 0 上に光軸方向の断面が L 字状のヒートブロック 1 8 2 が搭載され、2 つのヒートブロック間に収納空間が形成されている。L 字状のヒートブロック 1 8 2 の上面には、複数の発光点（例えば、5 個）がアレイ状に配列された複数（例えば、2 個）のマルチキャビティレーザ 1 1 0 が、各チップの発光点 1 1 0 a の配列方向と同じ方向に等間隔で配列されて固定されている。

【 0 1 1 1 】

略矩形状のヒートブロック 1 8 0 には凹部が形成されており、ヒートブロック 1 8 0 の空間側上面には、複数の発光点（例えば、5 個）がアレイ状に配列された複数（例えば、2 個）のマルチキャビティレーザ 1 1 0 が、その発光点がヒートブロック 1 8 2 の上面に配置されたレーザチップの発光点と同じ鉛直面上に位置するように配置されている。

【 0 1 1 2 】

マルチキャビティレーザ 1 1 0 のレーザ光出射側には、各チップの発光点 1 1 0 a に対応してコリメートレンズが配列されたコリメートレンズアレイ 1 8 4 が配置されている。コリメートレンズアレイ 1 8 4 は、各コリメートレンズの長さ方向とレーザビームの拡がり角が大きい方向（速軸方向）とが一致し、各コリメ

ートレンズの幅方向が拡がり角が小さい方向（遅軸方向）と一致するように配置されている。このように、コリメートレンズをアレイ化して一体化することで、レーザ光の空間利用効率が向上し合波レーザ光源の高出力化が図られると共に、部品点数が減少し低コスト化することができる。

【 0 1 1 3 】

また、コリメートレンズアレイ 1 8 4 のレーザ光出射側には、1 本のマルチモード光ファイバ 1 3 0 と、このマルチモード光ファイバ 1 3 0 の入射端にレーザビームを集光して結合する集光レンズ 1 2 0 と、が配置されている。

【 0 1 1 4 】

上記の構成では、レーザブロック 1 8 0、1 8 2 上に配置された複数のマルチキャビティレーザ 1 1 0 の複数の発光点 1 0 a の各々から出射したレーザビーム B の各々は、コリメートレンズアレイ 1 8 4 により平行光化され、集光レンズ 1 2 0 によって集光されて、マルチモード光ファイバ 1 3 0 のコア 1 3 0 a に入射する。コア 1 3 0 a に入射したレーザ光は、光ファイバ内を伝搬し、1 本に合波されて出射する。

【 0 1 1 5 】

この合波レーザ光源は、上記の通り、マルチキャビティレーザの多段配置とコリメートレンズのアレイ化とにより、特に高出力化を図ることができる。この合波レーザ光源を用いることにより、より高輝度なファイバアレイ光源やバンドルファイバ光源を構成することができるので、露光装置のレーザ光源を構成するファイバ光源として特に好適である。

【 0 1 1 6 】

なお、上記の各合波レーザ光源をケーシング内に収納し、マルチモード光ファイバ 1 3 0 の出射端部をそのケーシングから引き出したレーザモジュールを構成することができる。

【 0 1 1 7 】

また、上記の例では、合波レーザ光源のマルチモード光ファイバの出射端に、コア径がマルチモード光ファイバと同一で且つクラッド径がマルチモード光ファイバより小さい他の光ファイバを結合してファイバアレイ光源の高輝度化を図る

例について説明したが、例えば、クラッド径が $125\mu\text{m}$ 、 $80\mu\text{m}$ 、 $60\mu\text{m}$ 等のマルチモード光ファイバを、出射端に他の光ファイバを結合せずに使用してもよい。

【0118】

以上、画像露光装置として形成された実施の形態について説明したが、本発明はこの種の画像露光装置のみならず、その他例えば、スクリーンに画像を投影表示するプロジェクタ等に対しても適用可能であり、そのような場合にも前述した本発明の効果を同様に奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施の形態による露光装置の外観を示す斜視図

【図2】

図1の露光装置のスキヤナの構成を示す斜視図

【図3】

(A) は感光材料に形成される露光済み領域を示す平面図、(B) は各露光ヘッドによる露光エリアの配列を示す図

【図4】

図1の露光装置の露光ヘッドの概略構成を示す斜視図

【図5】

図4に示す露光ヘッドの構成を示す光軸に沿った副走査方向の断面図

【図6】

デジタルマイクロミラーデバイス (DMD) の構成を示す部分拡大図

【図7】

(A) 及び (B) は DMD の動作を説明するための説明図

【図8】

(A) 及び (B) は、DMD を傾斜配置しない場合と傾斜配置する場合とで、露光ビームの配置及び走査線を比較して示す平面図

【図9】

(A) はファイバアレイ光源の構成を示す斜視図、(B) は (A) の部分拡大

図、(C) 及び (D) はレーザ出射部における発光点の配列を示す平面図

【図 1 0】

マルチモード光ファイバの構成を示す図

【図 1 1】

合波レーザ光源の構成を示す平面図

【図 1 2】

レーザモジュールの構成を示す平面図

【図 1 3】

図 1 2 に示すレーザモジュールの構成を示す側面図

【図 1 4】

図 1 2 に示すレーザモジュールの構成を示す部分側面図

【図 1 5】

(A) 及び (B) は、従来の露光装置における焦点深度と図 1 の露光装置における焦点深度との相違を示す光軸に沿った断面図

【図 1 6】

(A) 及び (B) は、DMD の使用領域の例を示す図

【図 1 7】

(A) は DMD の使用領域が適正である場合の側面図、(B) は (A) の光軸に沿った副走査方向の断面図

【図 1 8】

スキャナによる 1 回の走査で感光材料を露光する露光方式を説明するための平面図

【図 1 9】

(A) 及び (B) はスキャナによる複数回の走査で感光材料を露光する露光方式を説明するための平面図

【図 2 0】

レーザアレイの構成を示す斜視図

【図 2 1】

(A) はマルチキャビティレーザの構成を示す斜視図、(B) は (A) に示す

マルチキャビティレーザをアレイ状に配列したマルチキャビティレーザアレイの
斜視図

【図 2 2】

合波レーザ光源の他の構成を示す平面図

【図 2 3】

合波レーザ光源の他の構成を示す平面図

【図 2 4】

(A) は合波レーザ光源の他の構成を示す平面図、(B) は(A) の光軸に沿った断面図

【図 2 5】

(A) はマイクロレンズアレイ等を使用しない場合に被露光面に投影される光像を示す概略図、(B) はマイクロレンズアレイ等を使用した場合に被露光面に投影される光像を示す概略図

【図 2 6】

図 1 の露光装置に用いられたマイクロレンズアレイおよびアパーチャアレイを示す概略側面図

【図 2 7】

本発明の別の実施の形態におけるマイクロレンズアレイおよびアパーチャアレイを示す概略側面図

【符号の説明】

LD 1 ~ LD 7 G a N 系半導体レーザ

3 0、3 1 マルチモード光ファイバ

5 0 デジタル・マイクロミラー・デバイス (DMD)

5 1 拡大結像光学系

5 3、5 4 第 1 結像光学系のレンズ

5 5 マイクロレンズアレイ

5 5 a マイクロレンズ

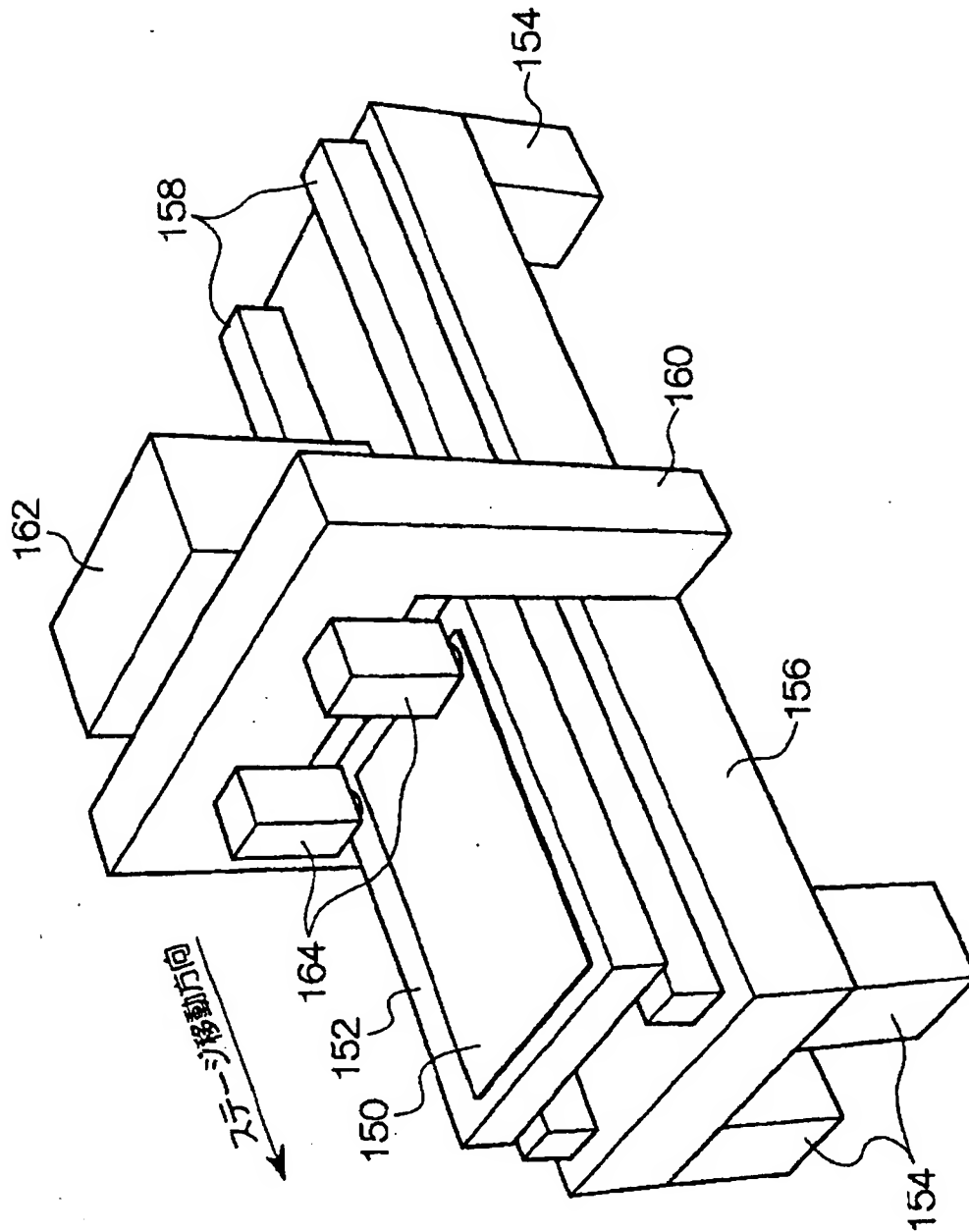
5 7、6 8 第 2 結像光学系のレンズ

5 9 アパーチャアレイ

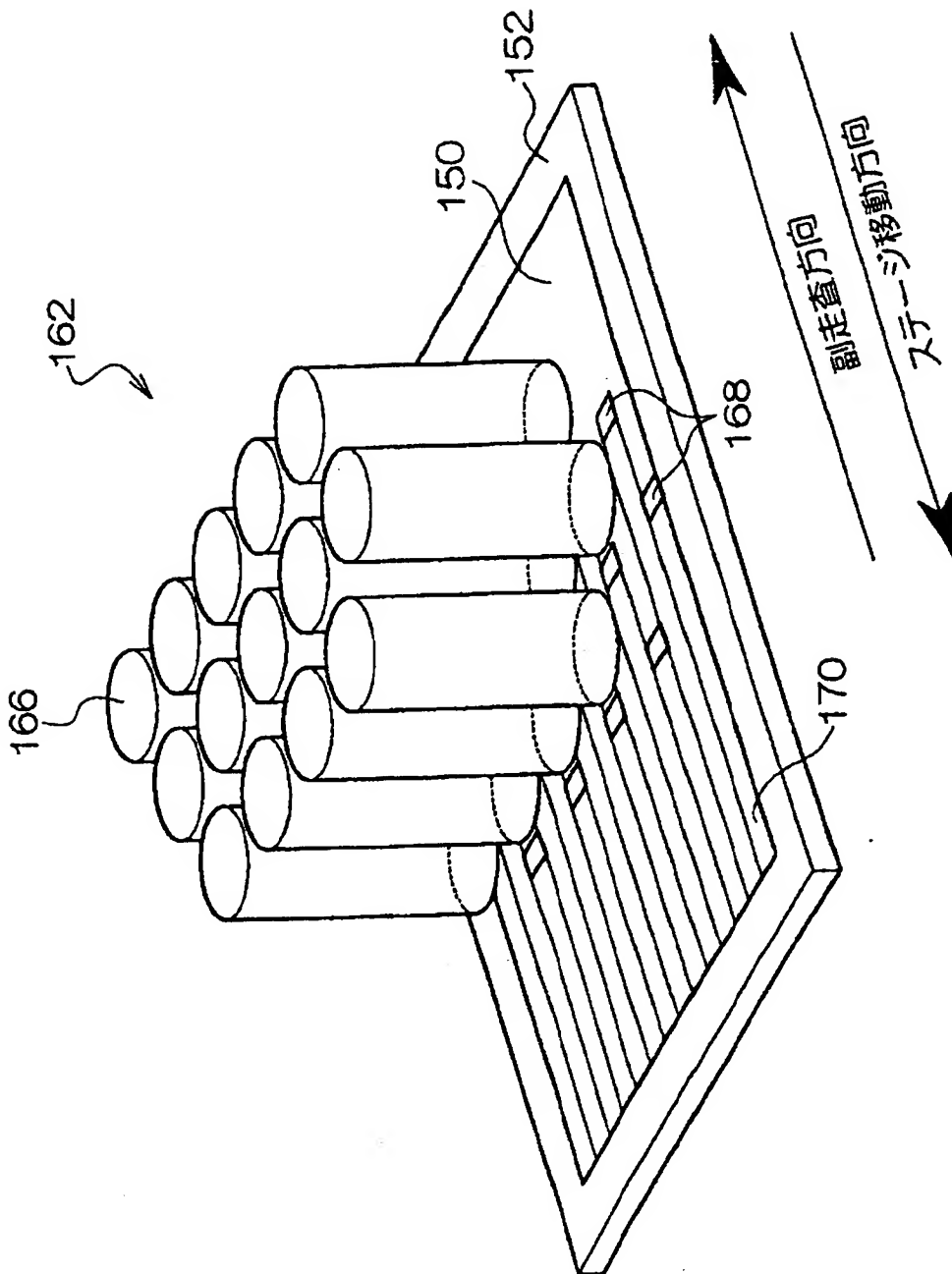
- 5 9 a アパーチャ
- 5 9 d アパーチャアレイの突起
- 6 1 スペーサ
- 6 4 レーザモジュール
- 6 6 ファイバアレイ光源
- 6 8 レーザ出射部
- 1 5 0 感光材料
- 1 5 2 ステージ
- 1 6 2 スキャナ
- 1 6 6 露光ヘッド
- 1 6 8 露光エリア
- 1 7 0 露光済み領域

【書類名】 図面

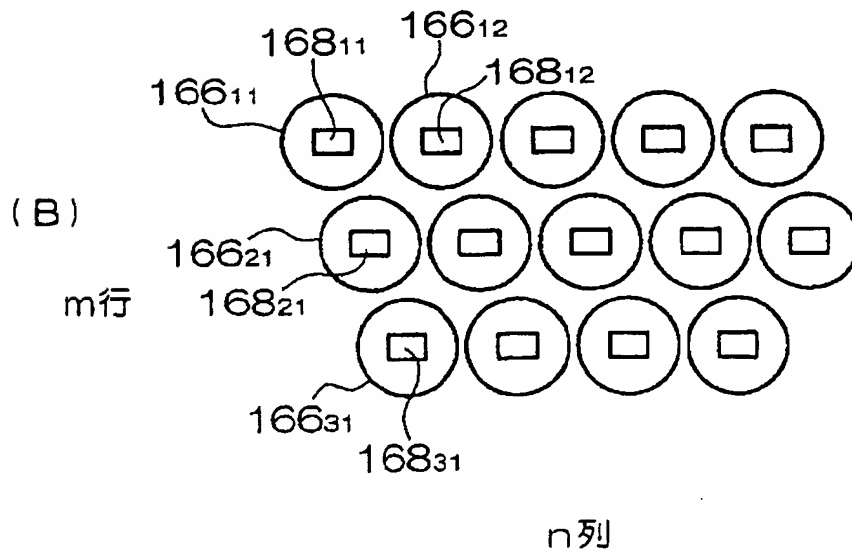
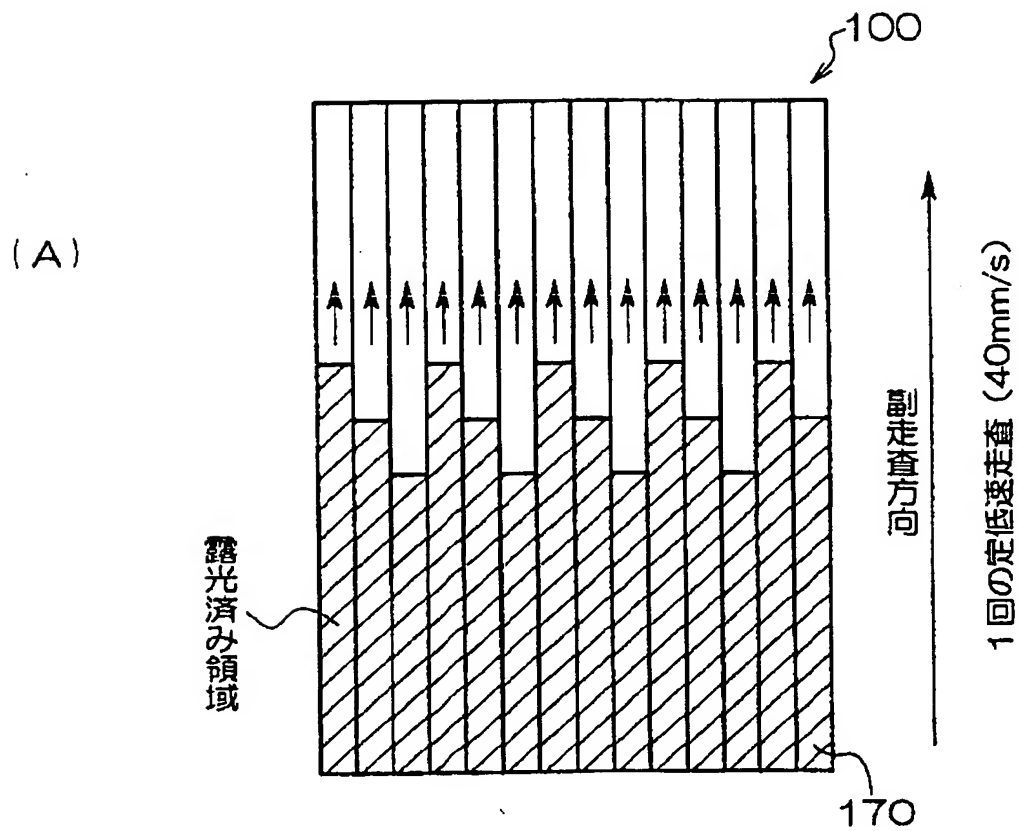
【図 1】



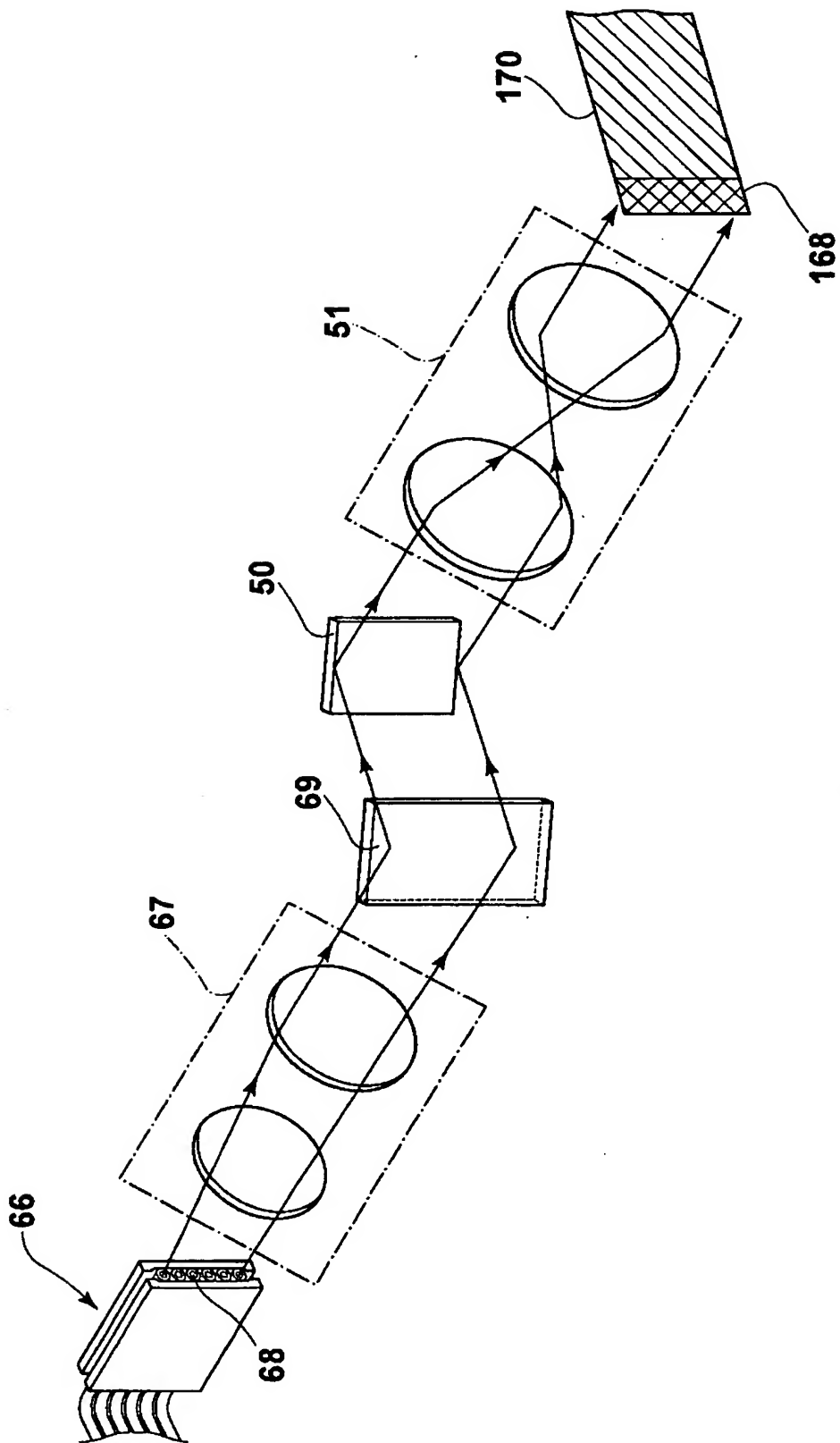
【図 2】



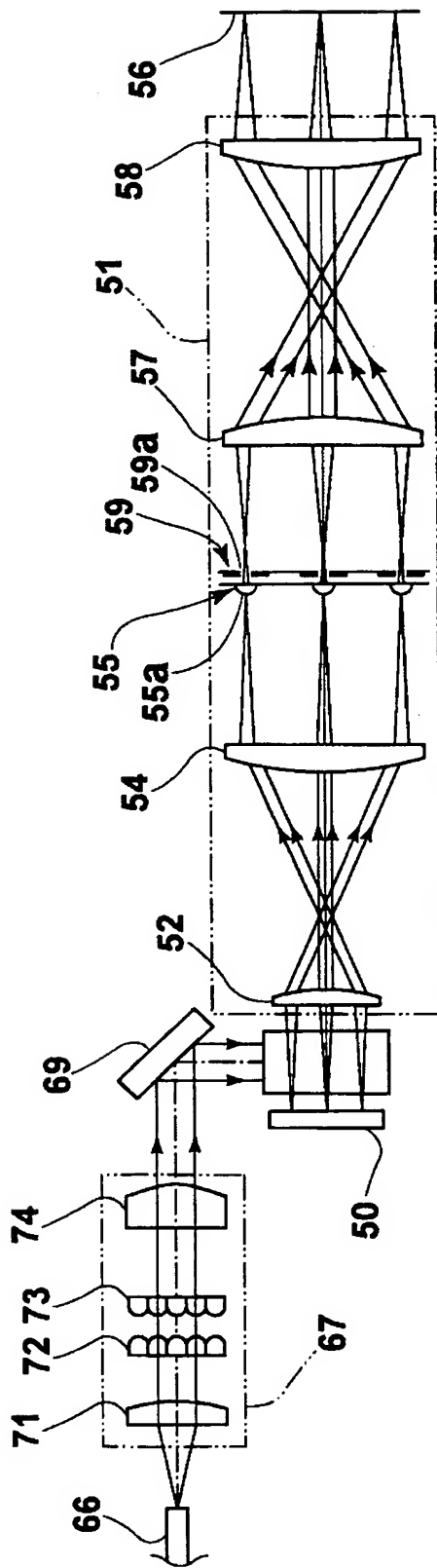
【図 3】



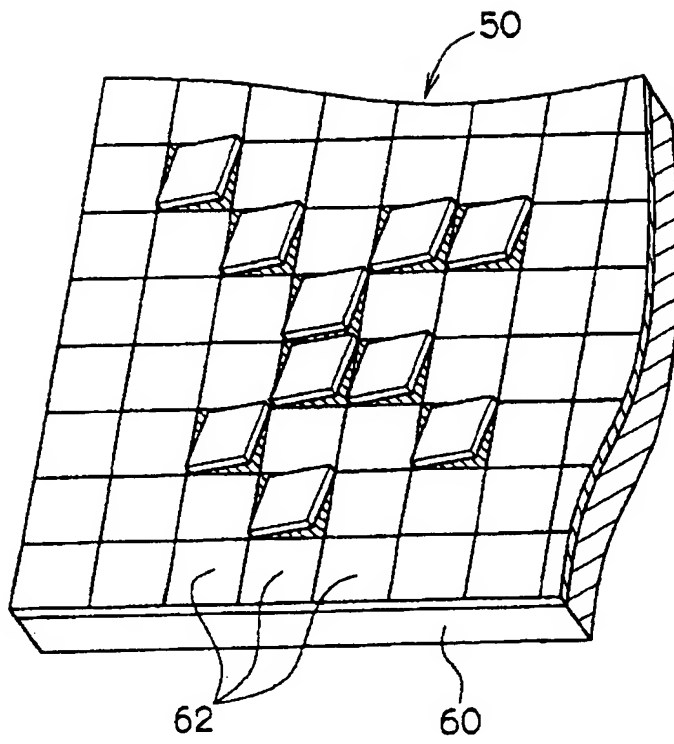
【図 4】



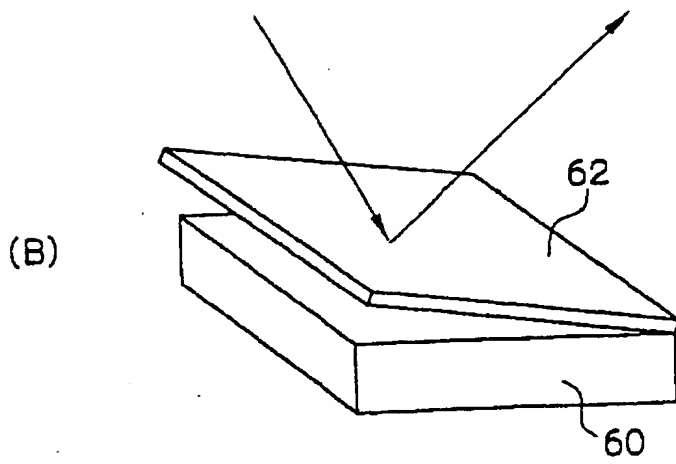
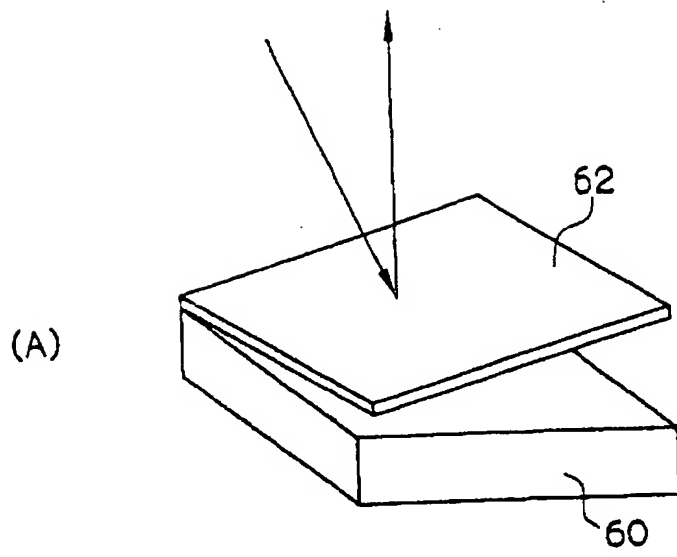
【図 5】



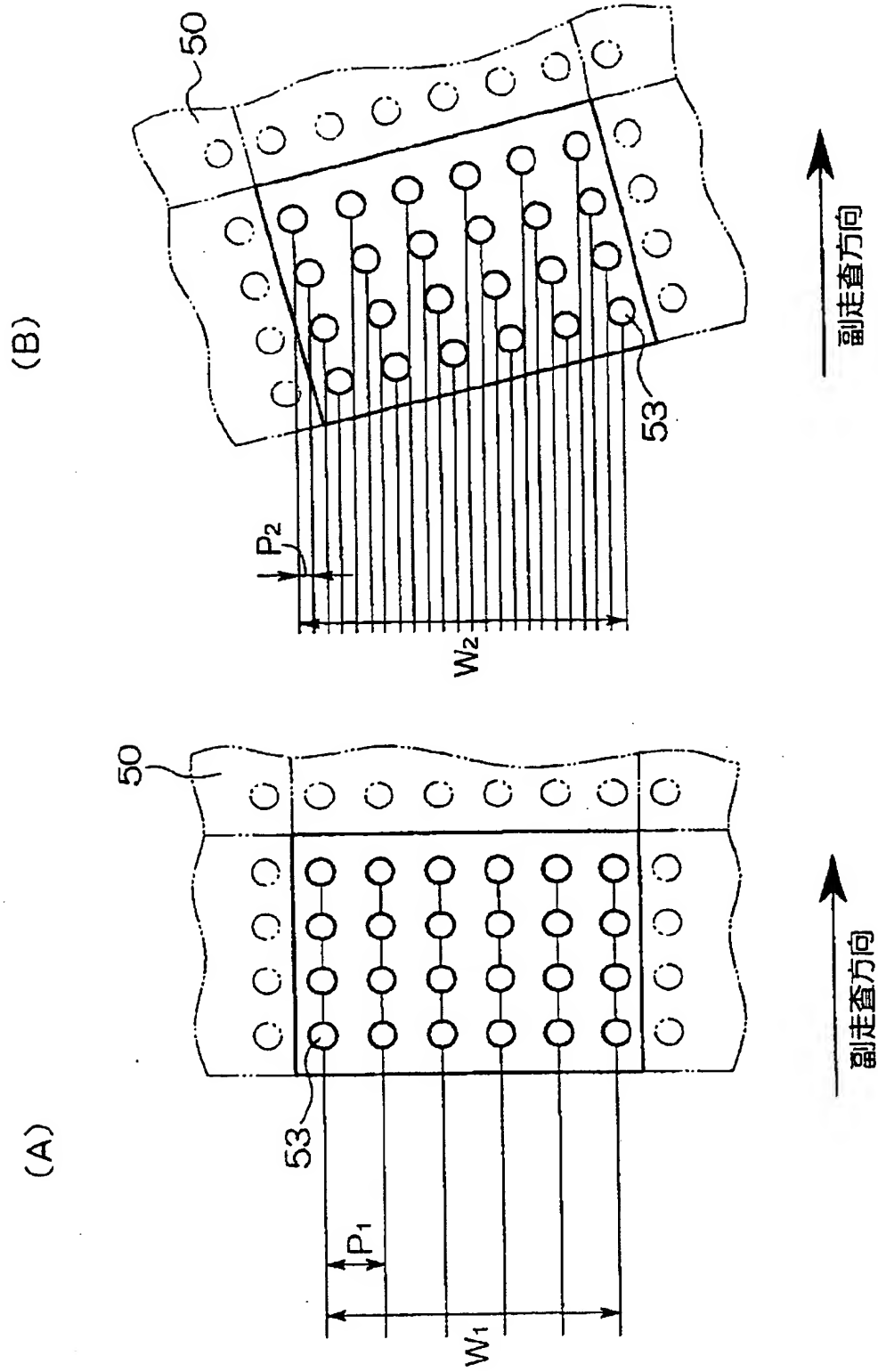
【図 6】



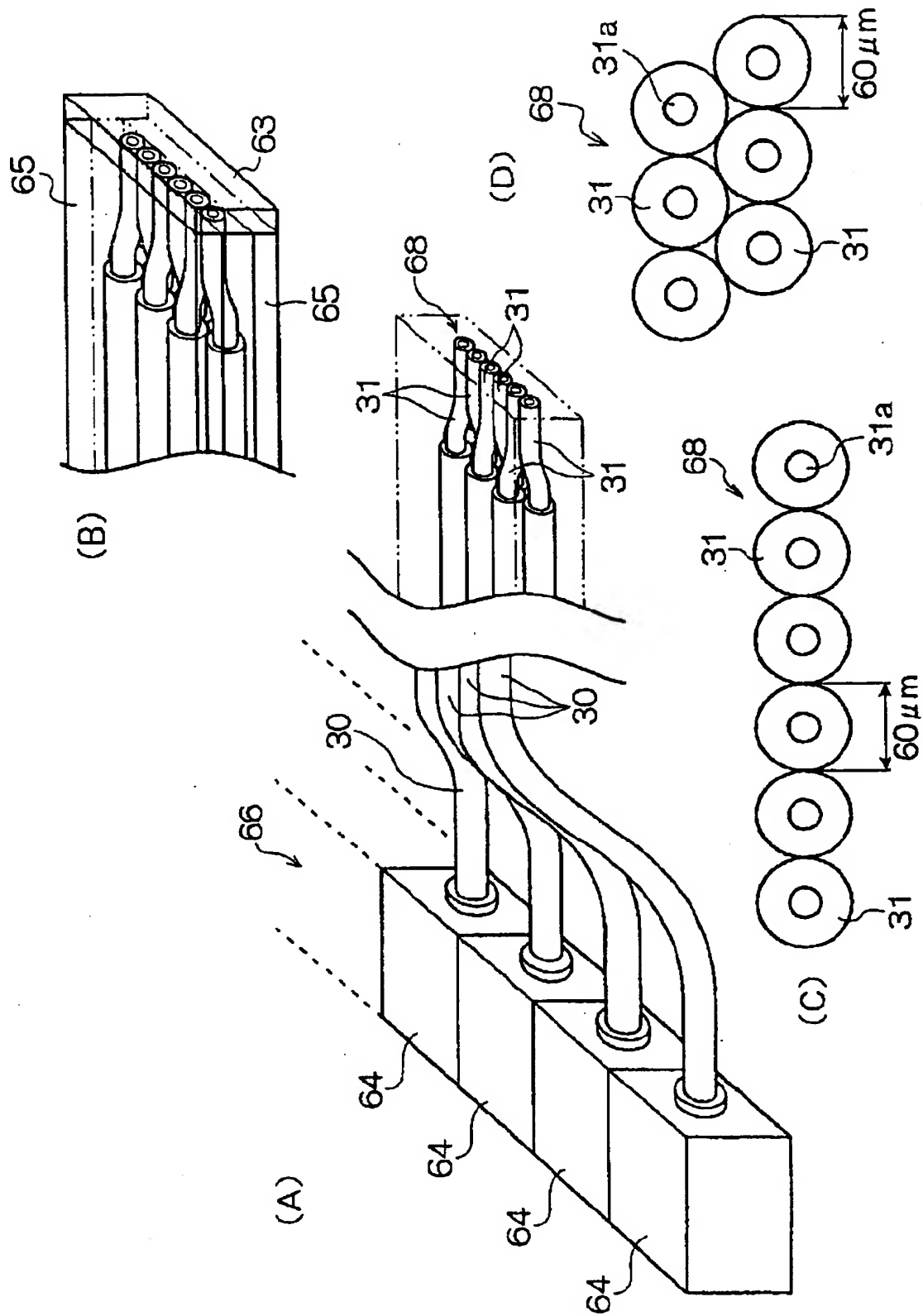
【図 7】



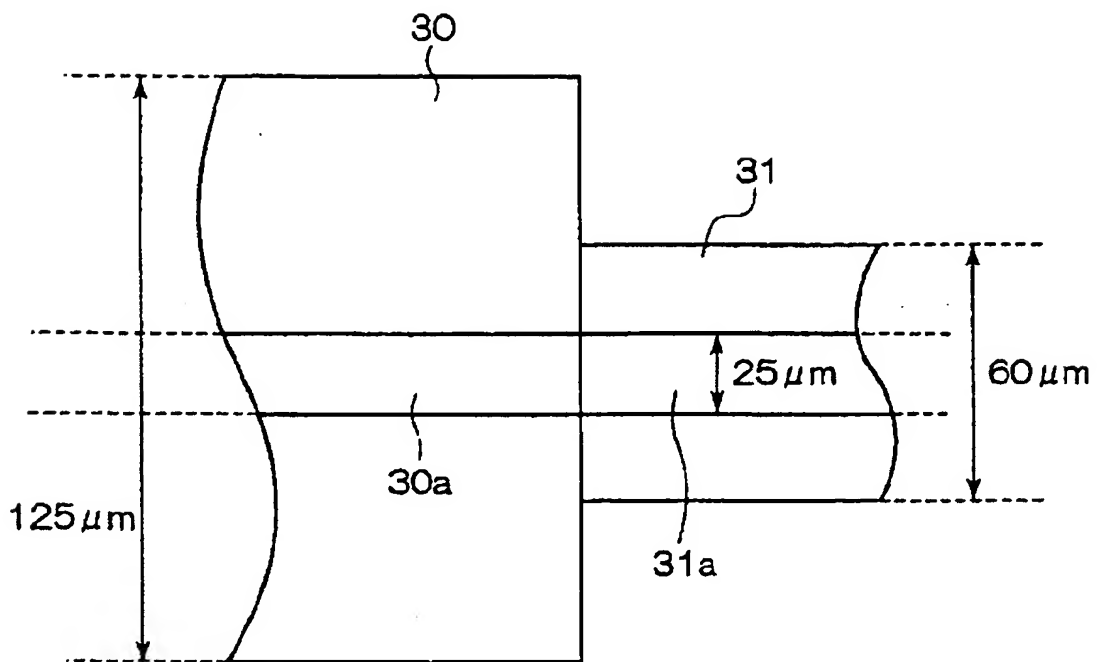
【 図 8 】



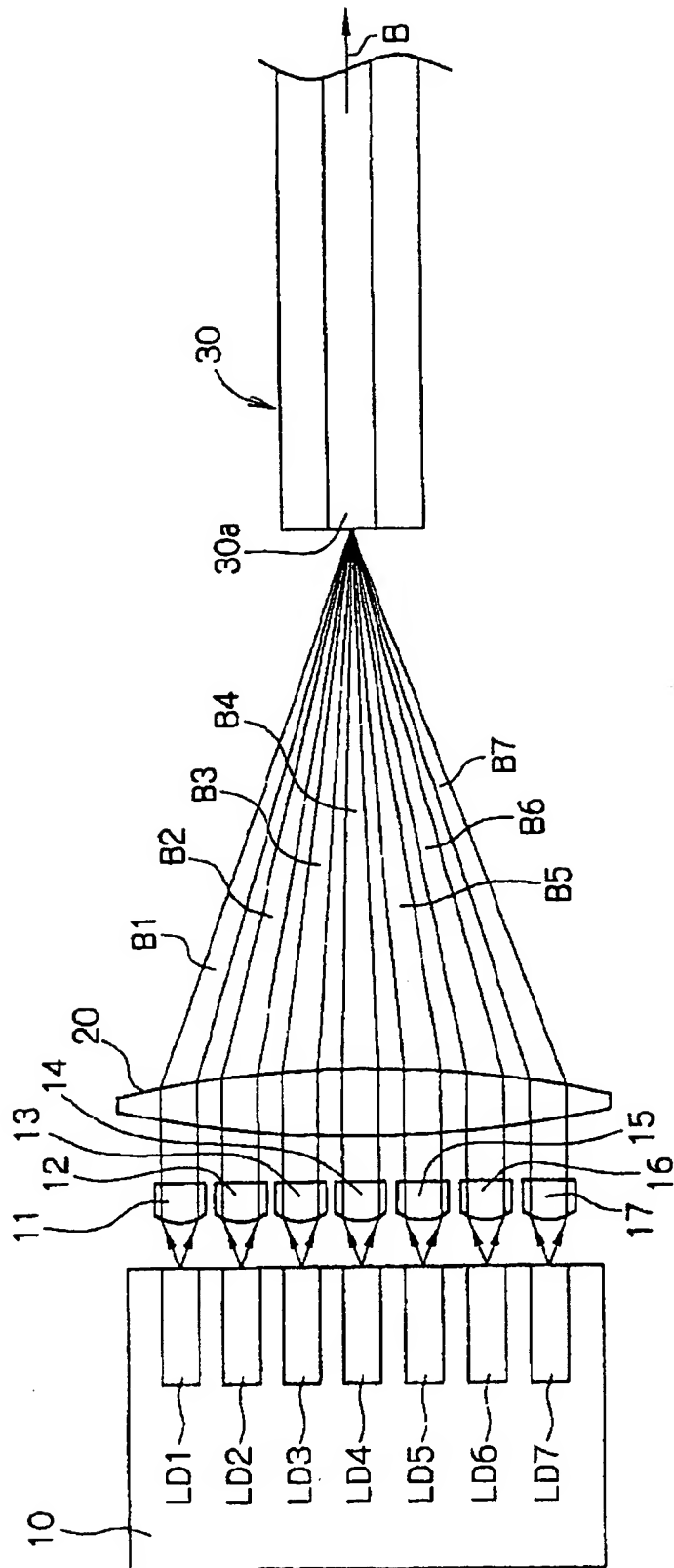
【図9】



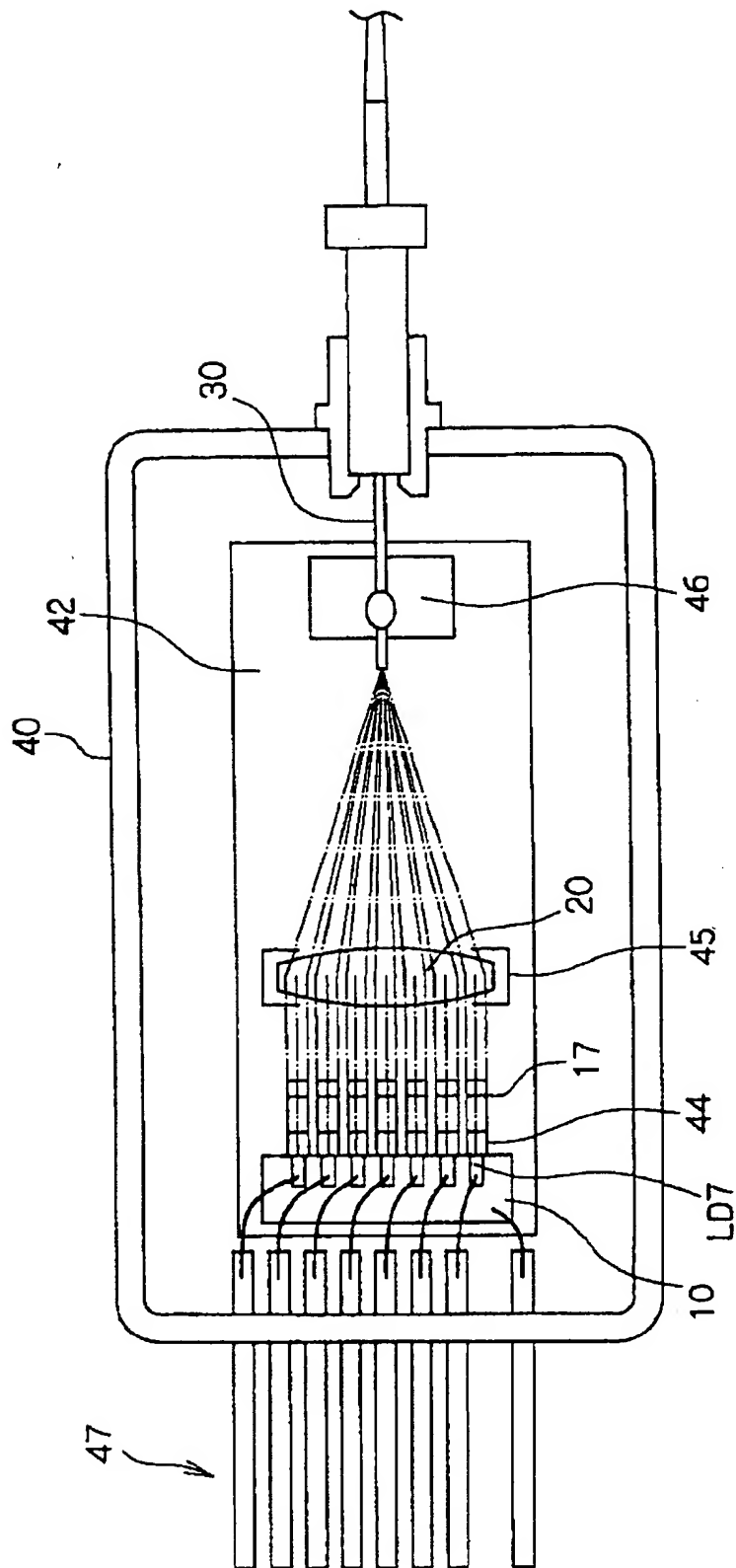
【図 1 0】



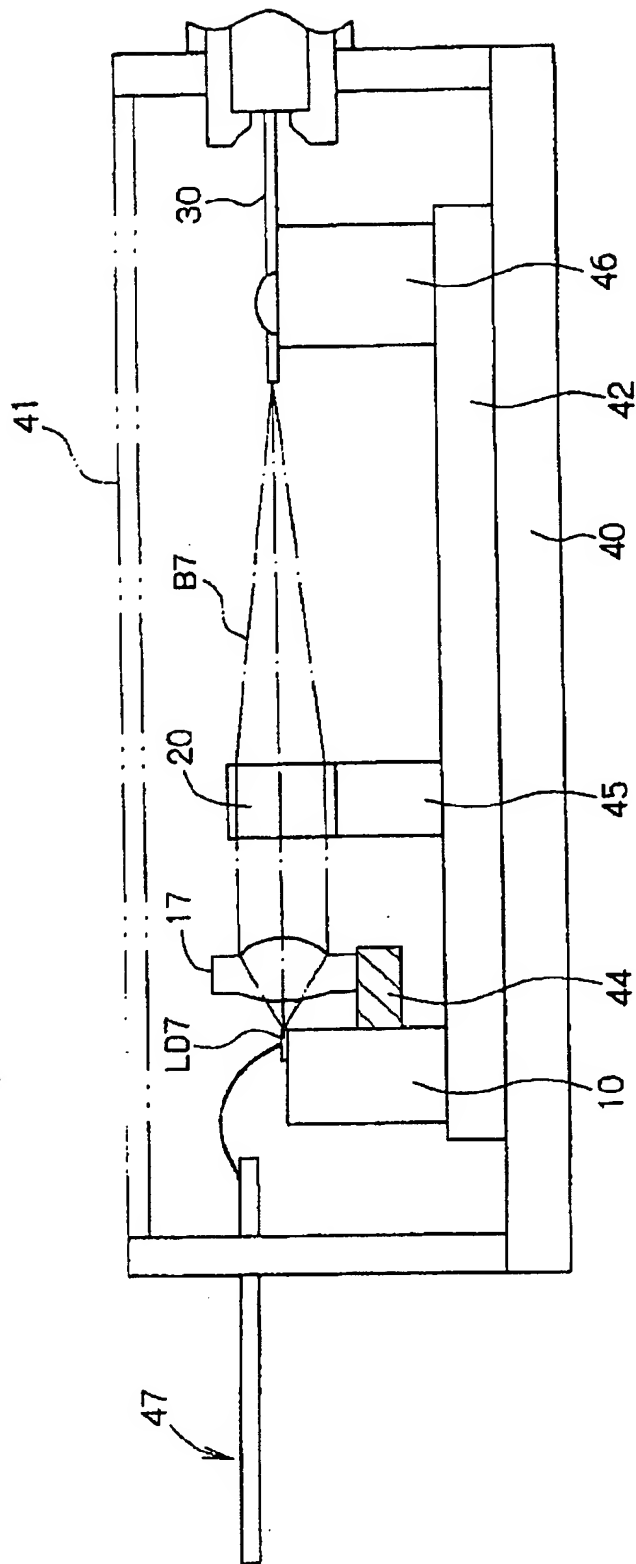
【図 11】



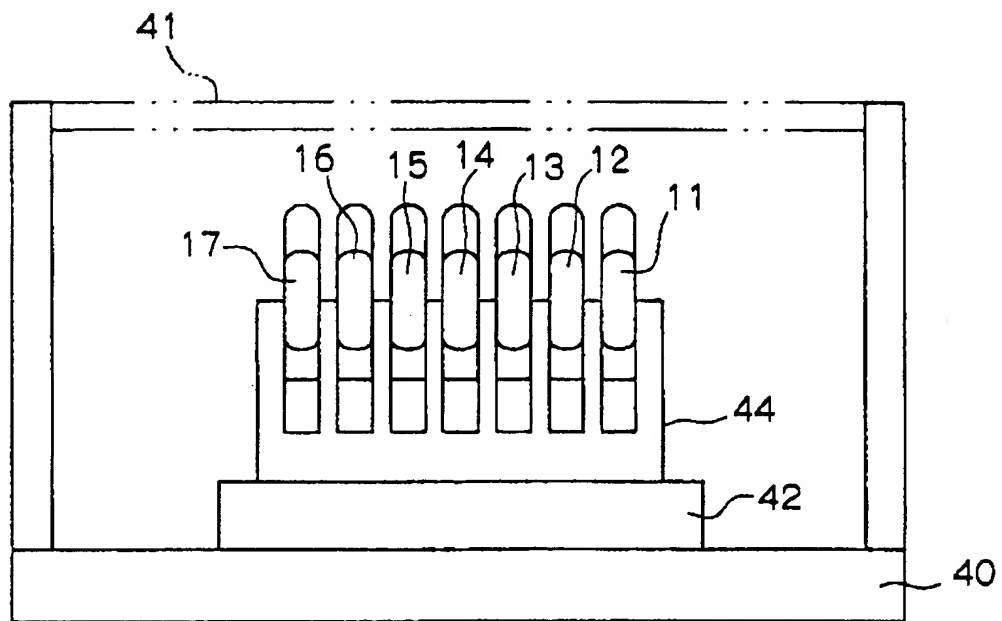
【図 1 2】



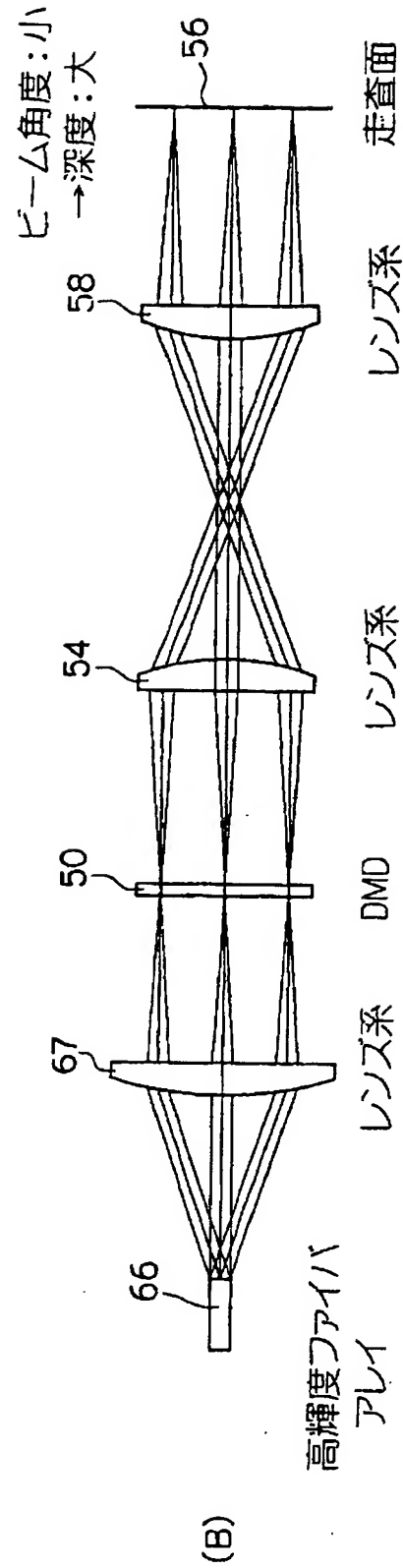
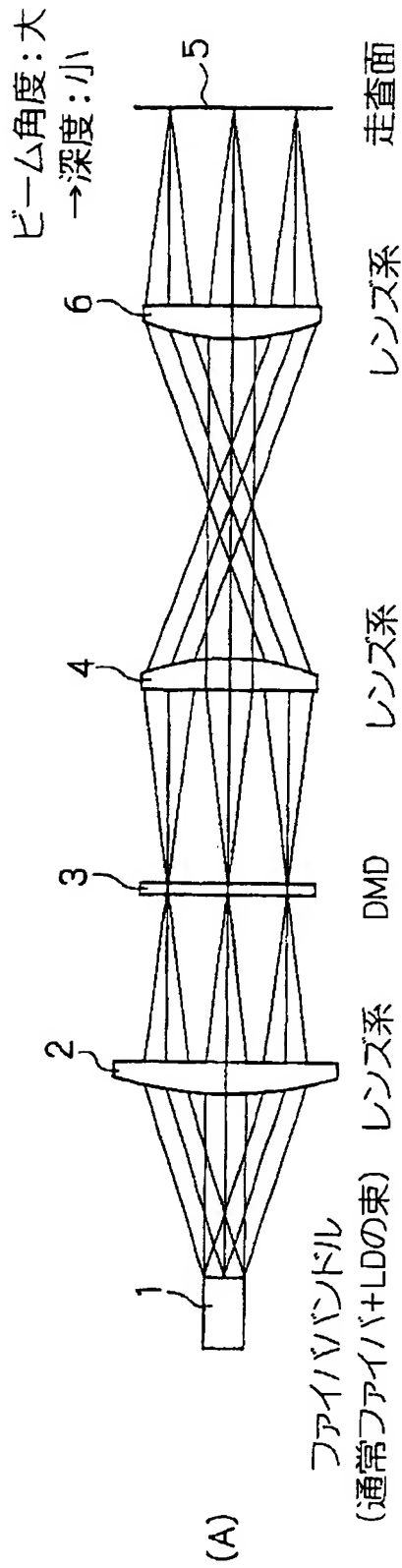
【図 1 3】



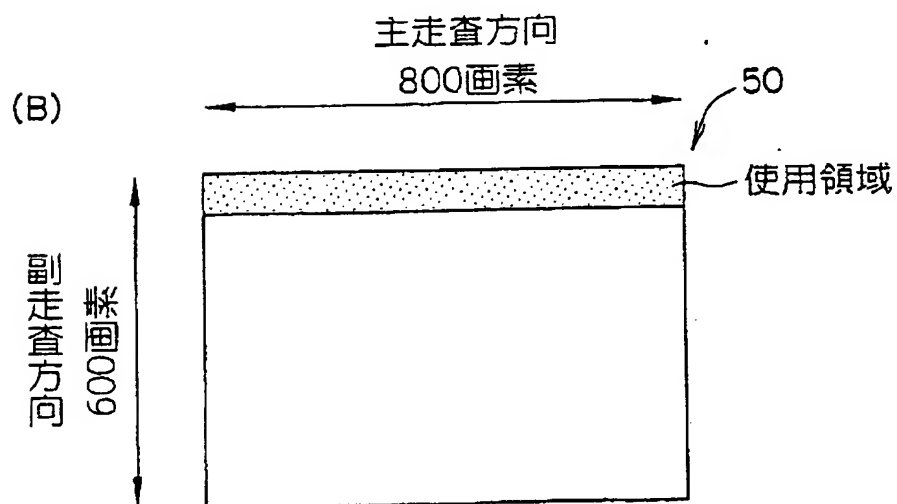
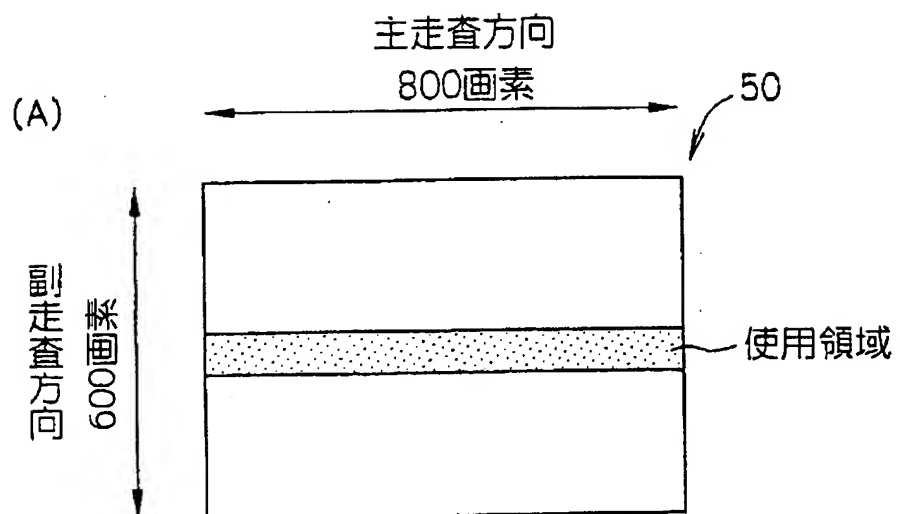
【図 1 4】



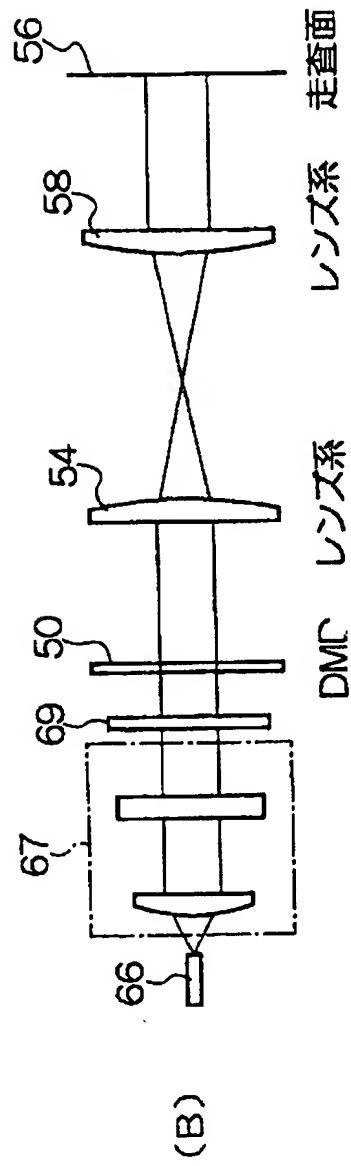
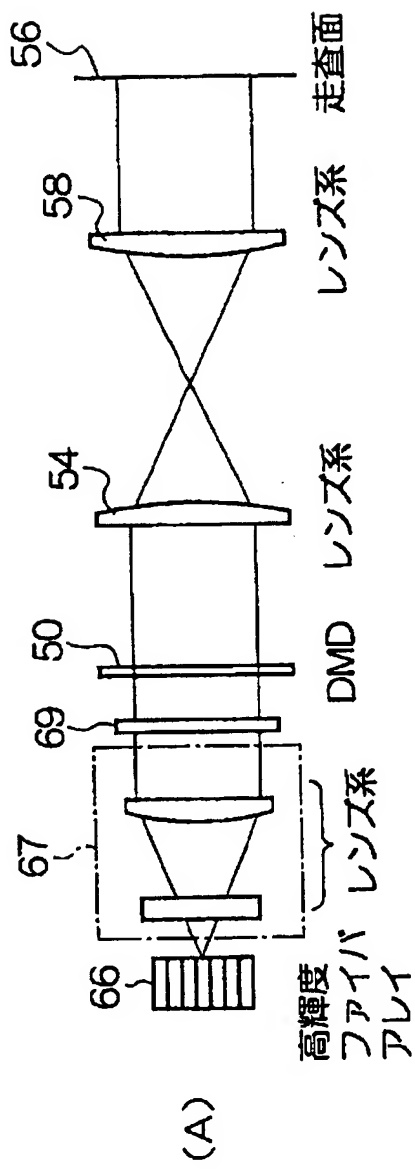
【図 1 5】



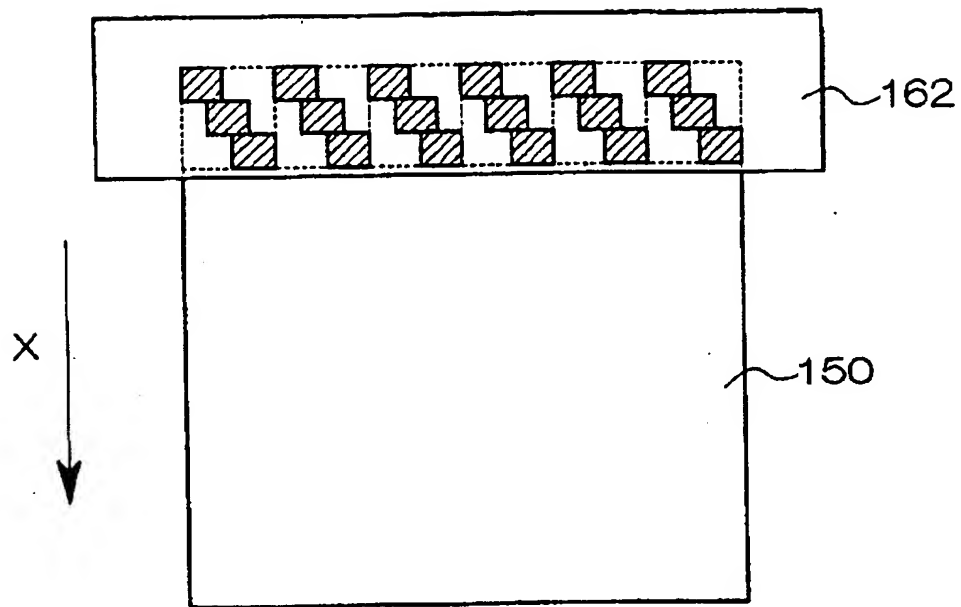
【図 1 6】



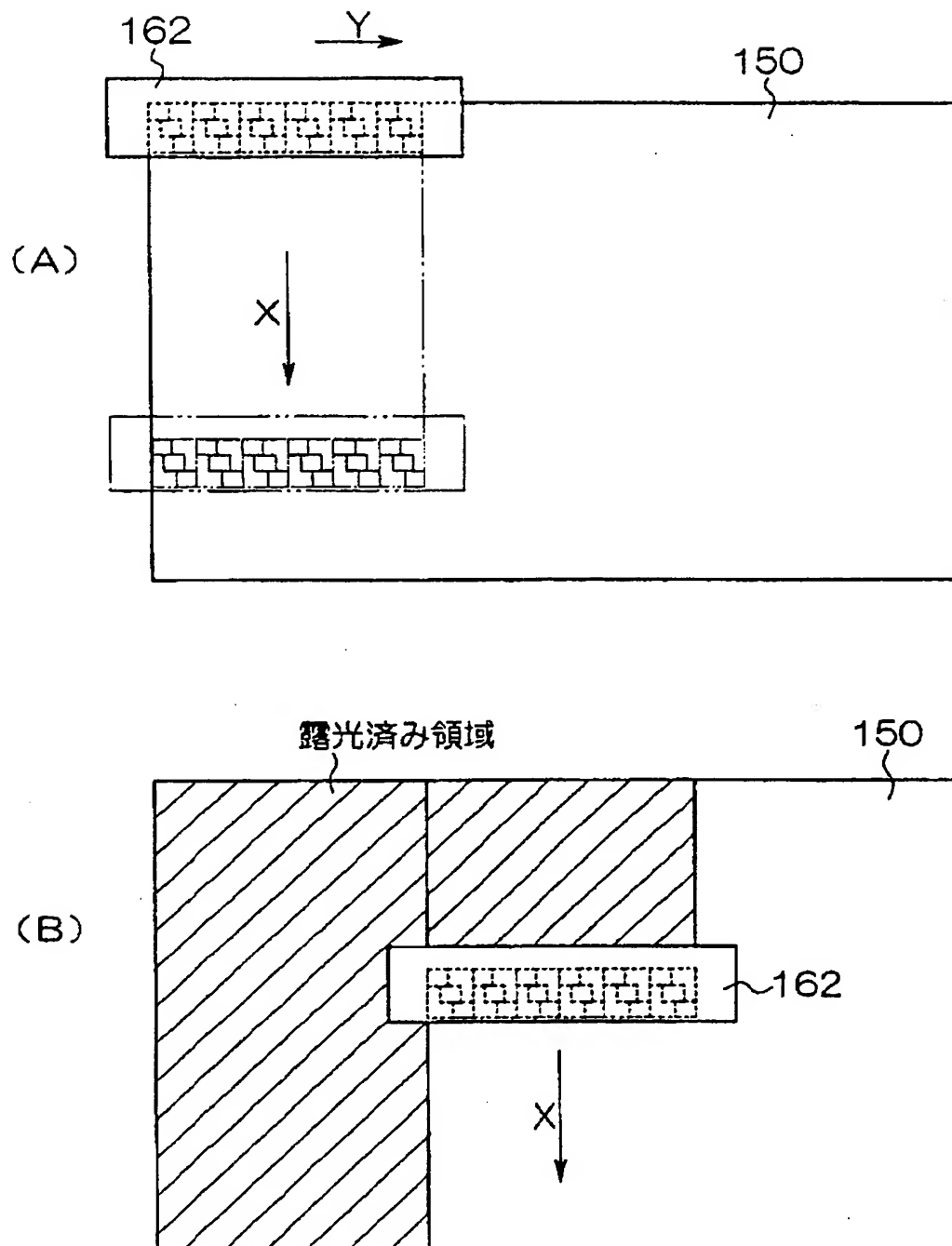
【図 1 7】



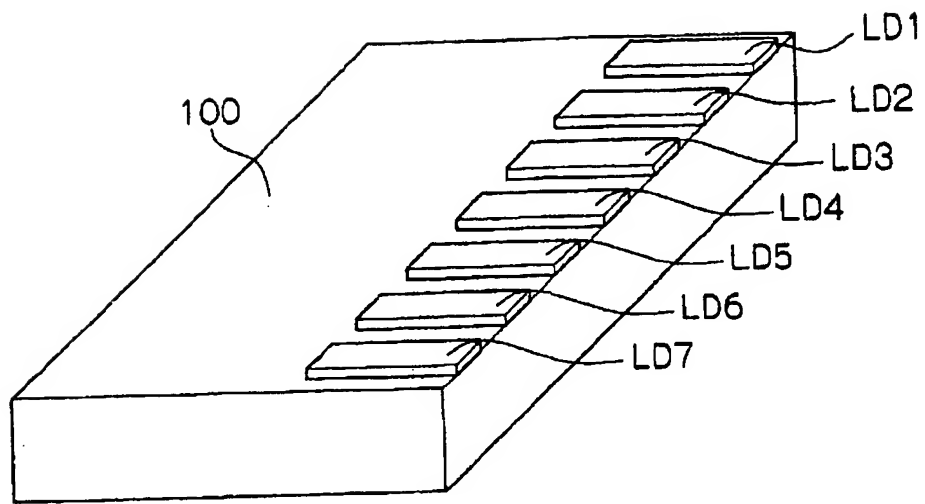
【図 1 8】



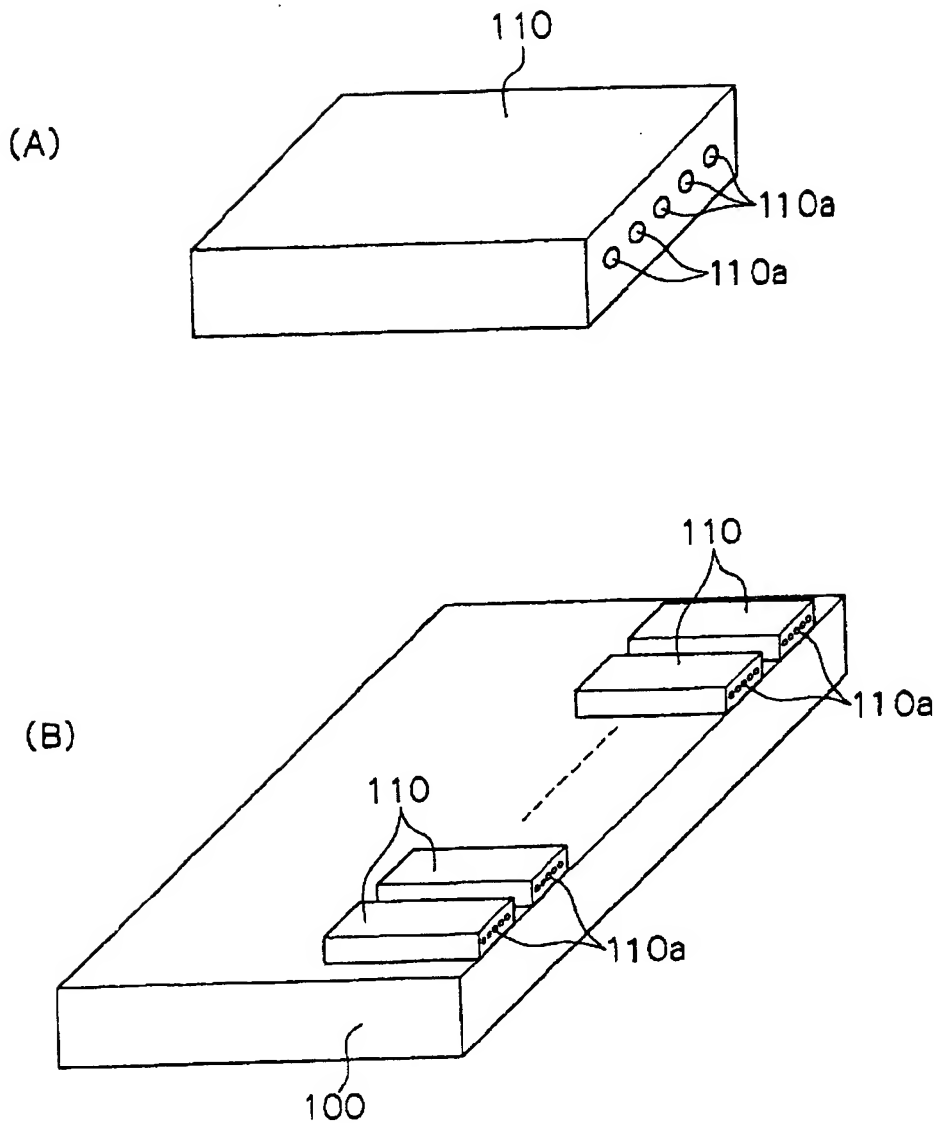
【図 1 9】



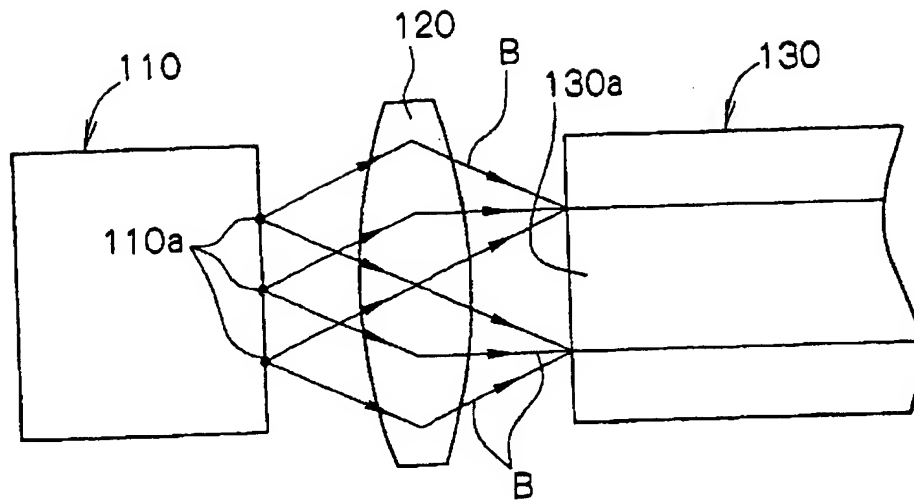
【図 2 0】



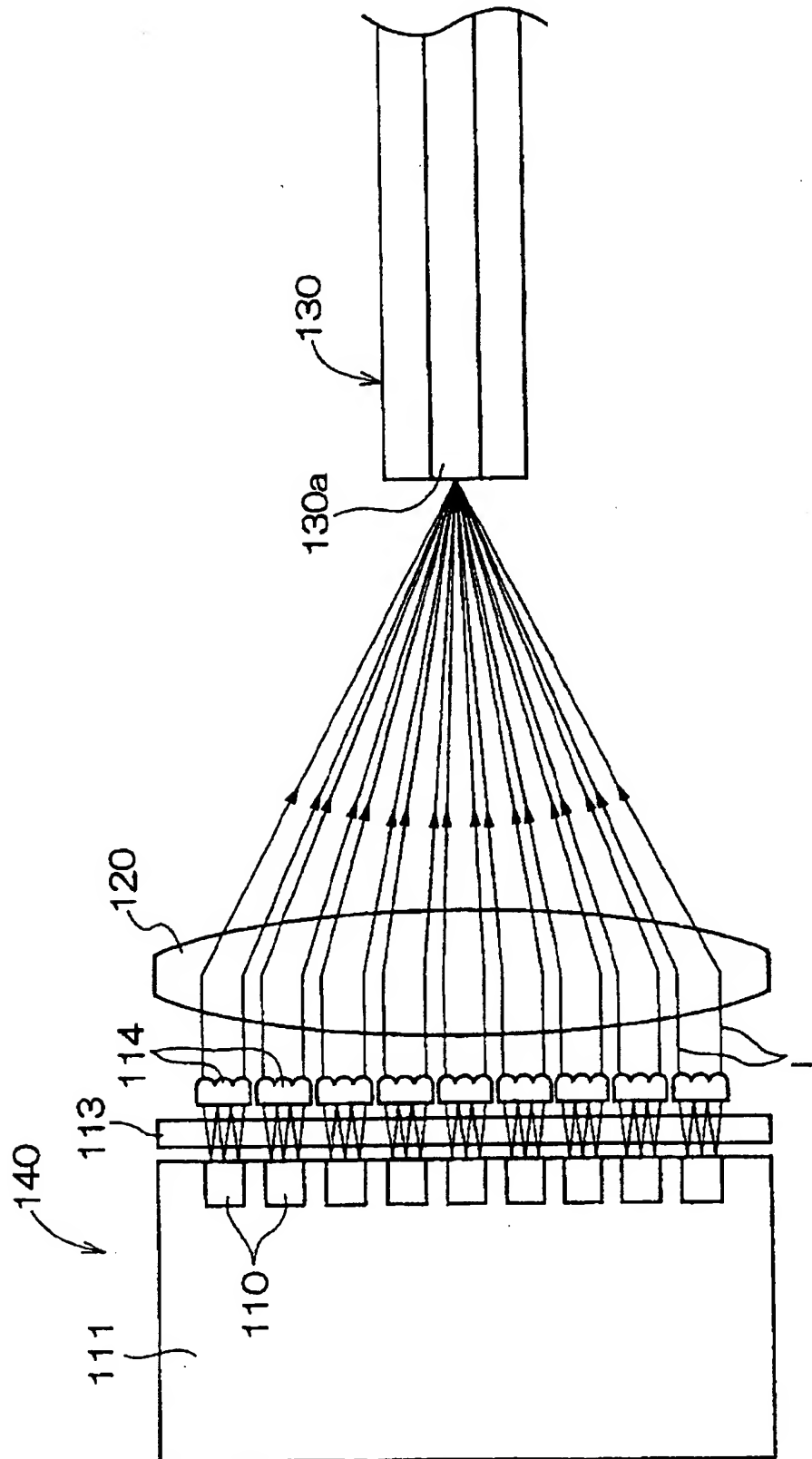
【図 2 1】



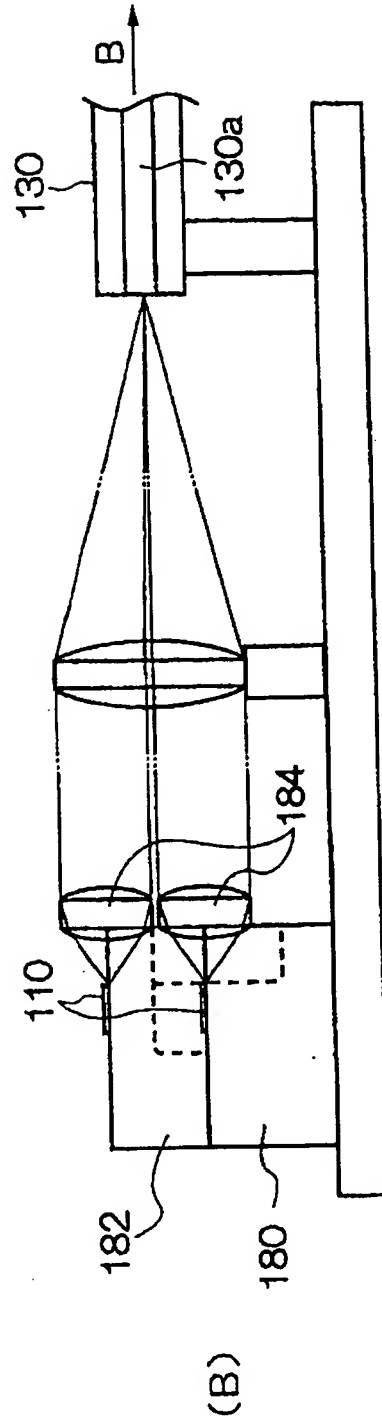
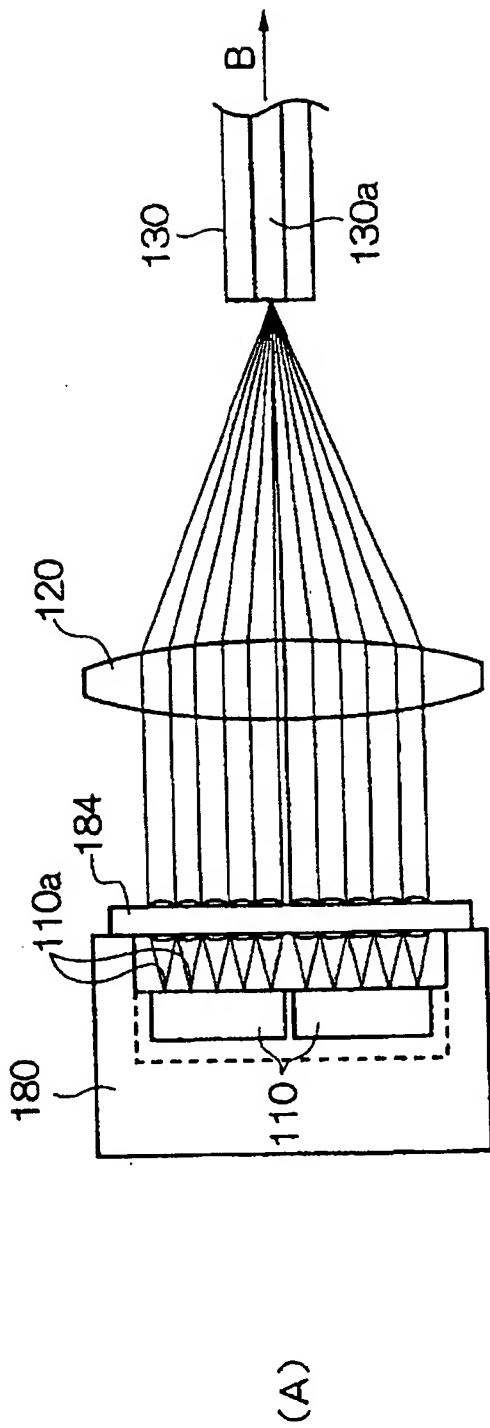
【図 2 2】



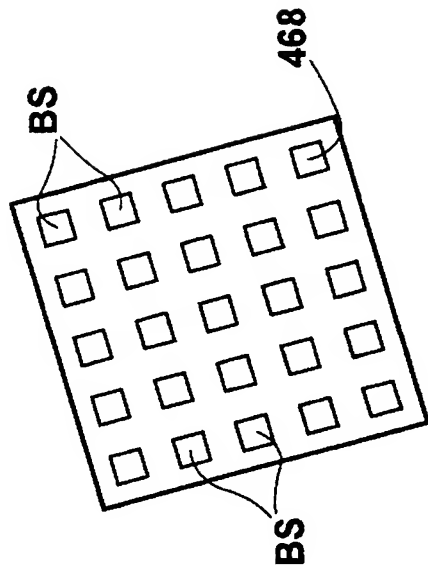
【図 2 3】



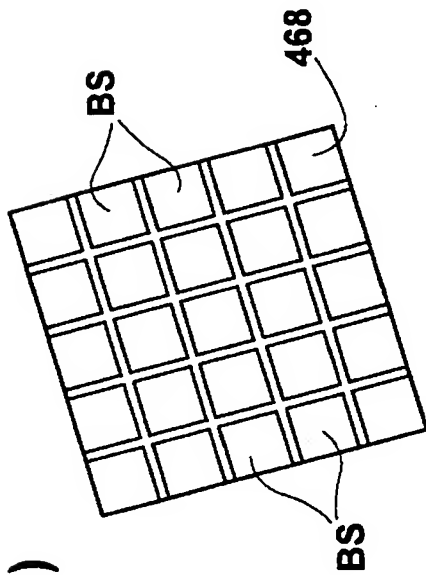
【図 2 4】



【図 2 5】

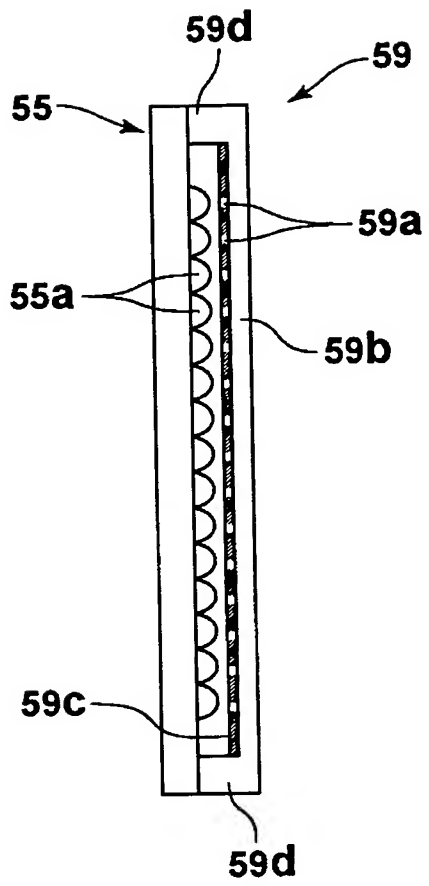


(B)

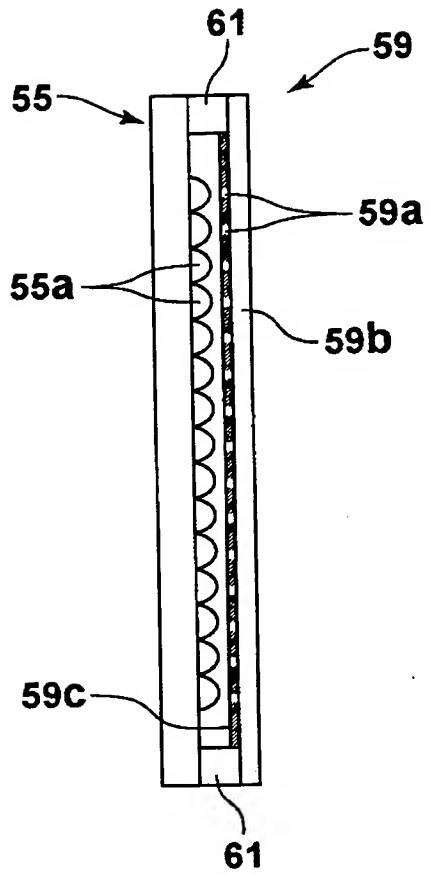


(A)

【図 2 6】



【図 2 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 マイクロレンズアレイとアパーチャアレイとを組み合わせた構造を有する画像形成装置において、それらの光軸方向相対位置を厳密に規定可能とする。

【解決手段】 マイクロレンズアレイ 5 5 とアパーチャアレイ 5 9 とが組み合わされてなる構造において、それらの一方、例えばアパーチャアレイ 5 9 に、光軸方向に所定高さ H だけ突出した突起 5 9 d を形成する。そしてこの突起 5 9 d をマイクロレンズアレイ 5 5 に当接させることにより、マイクロレンズアレイ 5 5 とアパーチャアレイ 5 9 との光軸方向相対位置を規定する。

【選択図】 図 2 6

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 8 7 6 3 9
受付番号	5 0 2 0 1 4 7 1 4 5 4
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 4 年 1 0 月 8 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年 9月30日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3 - 1 8 - 3 新横 浜 K S ビル 7 階
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3 - 1 8 - 3 新横 浜 K S ビル 7 階
【氏名又は名称】	佐久間 剛

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

{000005201}

1. 変更年月日

1990年 8月14日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県南足柄市中沼210番地

氏 名

富士写真フイルム株式会社